

**WATER COLLECTOR 1.0: DESARROLLO DE UN SISTEMA RECOLECTOR DE  
AGUA**

**DAVID FELIPE MERCADO SANCHEZ - 702023  
DIEGO FELIPE PRADA GARCIA - 701981**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES  
MODALIDAD PRÁCTICA SOCIAL  
BOGOTÁ  
2018**

**WATER COLLECTOR 1.0: DESARROLLO DE UN SISTEMA RECOLECTOR DE  
AGUA**

**DAVID FELIPE MERCADO SANCHEZ – 702023  
DIEGO FELIPE PRADA GARCIA – 701981**

**Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Electrónico y de  
Telecomunicaciones**

**Docente director  
MSc. Beatriz Nathalia Serrato Panqueba**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES  
MODALIDAD PRÁCTICA SOCIAL  
BOGOTÁ  
2018**



## Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

**Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

**Usted es libre de:**



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

**Bajo las condiciones siguientes:**



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



**Sin Obras Derivadas** — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

#### *PAGINA DEDICATORIA*

*Dedicamos este trabajo en primera instancia a Dios, de quien hemos recibido la sabiduría necesaria para las metas de nuestra vida personal y profesional, a nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional en la realización de este proyecto y durante todo nuestro ciclo académico.*

## **AGRADECIMIENTOS**

La vida día a día nos impone retos y muchas veces nos muestra que la vida no es tan fácil como se creía, muchas veces tratamos de desfallecer al ver que nuestros planes o proyectos no se dan tan fácil como lo teníamos pensado. Nuestras aspiraciones y metas para nuestra vida personal o profesional se han ido dando poco a poco, la mayoría de veces sacrificando tiempo valioso junto a nuestros seres queridos, esto nos hace valorar las pocas o muchas cosas que se van logrando en nuestro diario vivir, sino también el sacrificio que muchas veces nuestros padres han tenido que hacer, quienes con su ejemplo y apoyo permanente nos han permitido alcanzar metas como esta, por eso nuestro principal agradecimiento es a Dios y a ellos.

Inmenso agradecimiento a nuestra directora de trabajo de grado la Ing. Natalia Serrato por su colaboración, constante atención y la excelente experiencia que tiene para la mejora de este documento. De igual manera a la Universidad Católica de Colombia por tener los espacios que permitieron el desarrollo de este proyecto.

A Sergio Alfonso, Andrés Perafan, Camilo Rocha, a los docentes de la institución y a las personas que estuvieron y hoy ya no están en nuestras vidas, quienes fueron nuestros compañeros, amigos y estuvieron desde el principio apoyándonos incondicionalmente, y participaron directa e indirectamente aportando enseñanzas y reflexiones para cumplir esta meta.

Este trabajo de grado nos hace entender que la vida apenas comienza y que muchas cosas están por venir, que todas nuestras metas con esfuerzo y disciplina se pueden cumplir y algo que nunca debemos olvidar es jamás rendirnos y siempre seguir adelante.

## CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b>  | <b>18</b> |
| <b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>                               | <b>20</b> |
| 1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA                                      | 20        |
| <b>2. JUSTIFICACION</b>  | <b>22</b> |
| <b>3. OBJETIVOS</b>  | <b>23</b> |
| 3.1. OBJETIVO GENERAL  | 23        |
| 3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS   | 23        |
| <b>4. METODOLOGIA</b>  | <b>24</b> |
| 4.1. IDENTIFICACIÓN  | 24        |
| 4.2. DISEÑO  | 25        |
| 4.3. IMPLEMENTACIÓN  | 25        |
| 4.4. APROPIACIÓN SOCIAL  | 26        |
| <b>5. ANTECEDENTES</b>   | <b>27</b> |
| 5.1. TRABAJOS DE CAPTACION DE AGUA EN CHILE                        | 28        |
| 5.1.1. Atrapa nieblas para el Santuario del padre Hurtado          | 29        |
| 5.1.2. Implementación de Atrapa nieblas en el Desierto de Tarapacá | 29        |
| 5.1.3. Caleta Chungungo, Chile                                     | 30        |
| 5.2. CAPTACION DE AGUA EN BOLIVIA Y PERU                           | 30        |
| 5.3. CAPTACIÓN DE AGUA EN COLOMBIA                                 | 32        |
| 5.4. TECNOLOGIAS EN RECOLECCION DE AGUA                            | 32        |
| <b>6. MARCO CONCEPTUAL</b>   | <b>34</b> |
| 6.1. ATRAPA NIEBLAS  | 34        |
| 6.2. EFICIENCIA DE COLECCIÓN                                       | 34        |
| 6.3. EFICIENCIA AERODINÁMICA                                       | 35        |
| 6.4. EFICIENCIA DE DEPOSICIÓN                                      | 35        |
| <b>7. MARCO TEÓRICO</b>  | <b>37</b> |
| 7.1. SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE AGUA                               | 37        |
| 7.1.1. Recolección de Agua lluvia                                  | 37        |
| 7.1.2. Recolección de Aguas Residuales                             | 38        |

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| 7.1.3.      | Recolección de Agua Vertical  | 39        |
| <b>7.2.</b> | <b>SISTEMA ELECTRONICO</b>  | <b>40</b> |
| 7.2.1.      | Sensor de viento  | 40        |
| 7.2.2.      | Sistema de control.   | 42        |
| <b>7.3.</b> | <b>SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICO</b>                                   | <b>42</b> |
| <b>7.4.</b> | <b>PROYECTO SOCIAL</b>  | <b>43</b> |
| <b>8.</b>   | <b>EVALUACIÓN DE MODELOS DE CAPTACIÓN PARA EL WATER COLLECTOR 1.0</b>         | <b>44</b> |
| <b>8.1.</b> | <b>VARIABLES PARA EL ATRAPA NIEBLA</b>  | <b>46</b> |
| 8.1.1.      | Rendimiento de colección (L/día).   | 46        |
| 8.1.2.      | Estabilidad estructural.  | 46        |
| 8.1.3.      | Tamaño del atrapa nieblas.  | 46        |
| 8.1.4.      | Materiales.   | 47        |
| 8.1.5.      | Instalación de la estructura.   | 47        |
| <b>8.2.</b> | <b>ELEMENTO CAPTADOR DE AGUA (MALLA)</b>                                      | <b>48</b> |
| 8.2.1.      | Resistencia a la Intemperie.  | 48        |
| 8.2.2.      | Coeficiente de sombra (%).  | 48        |
| 8.2.3.      | Eficiencia de colección.  | 49        |
| 8.2.4.      | Costo (COP).  | 49        |
| <b>8.3.</b> | <b>RECOLECTOR DE AGUA LLUVIA (HORIZONTAL)</b>                                 | <b>50</b> |
| <b>9.</b>   | <b>EVALUACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN y HORTALIZAS PARA EL WATER COLLECTOR 1.0</b> | <b>52</b> |
| <b>9.1.</b> | <b>PLACA PARA EL PROCESAMIENTO DE SEÑALES</b>                                 | <b>52</b> |
| 9.1.1.      | Pines para salida y entrada de datos  | 53        |
| 9.1.2.      | Comunicación inalámbrica  | 53        |
| 9.1.3.      | Dos o más protocolos de comunicación inalámbrica                              | 53        |
| 9.1.4.      | Procesamiento de datos  | 54        |
| <b>9.2.</b> | <b>SENSORES</b>   | <b>56</b> |
| 9.2.1.      | Sensor de flujo   | 56        |
| 9.2.1.1.    | Voltaje de alimentación   | 56        |
| 9.2.1.2.    | Amplitud de flujo   | 56        |
| 9.2.1.3.    | Costo (COP)   | 56        |
| 9.2.1.4.    | Acople con Arduino UNO  | 57        |
| 9.2.2.      | Sensor de humedad   | 58        |
| 9.2.2.1.    | Acople con Arduino UNO  | 58        |
| 9.2.2.2.    | Rango de medición   | 58        |
| 9.2.3.      | Sensor de nivel   | 59        |
| 9.2.3.1.    | Voltaje de trabajo  | 59        |
| 9.2.3.2.    | Grado de protección IP  | 60        |
| 9.2.3.3.    | Temperatura de trabajo  | 60        |
| 9.2.4.      | Hortalizas  | 61        |



|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 9.2.4.1.   | Humedad relativa (%)  | 61         |
| 9.2.4.2.   | Separación del sembrado (cm)  | 61         |
| 9.2.4.3.   | Germinación de las semillas   | 61         |
| 9.2.4.4.   | Temperatura de germinación (°C)   | 62         |
| <b>10.</b> | <b>APROPIACIÓN SOCIAL Y TECNOLÓGICA EN EL USO DE RECURSOS RENOVABLES PARA EL COLEGIO OFELIA URIBE DE ACOSTA</b> | <b>66</b>  |
| 10.1.      | DIVULGACIÓN DEL PROYECTO WATER COLLECTOR 1.0  | 66         |
| 10.2.      | DESARROLLO DEL PROYECTO EN LA INSTITUCIÓN OFELIA URIBE DE ACOSTA  | 68         |
| 10.3.      | REALIZACIÓN DEL CULTIVO   | 70         |
| 10.4.      | CAPACITACIÓN A LOS ESTUDIANTES  | 75         |
| <b>11.</b> | <b>DISEÑO DE ESTRUCTURAS PARA EL WATER COLLECTOR 1.0</b>  | <b>80</b>  |
| 11.1.      | DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL ATRAPANIEBLAS   | 80         |
| 11.2.      | DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL RECOLECTOR DE AGUA LLUVIA   | 84         |
| <b>12.</b> | <b>IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRONICO PARA EL WATER COLLECTOR 1.0</b>                                       | <b>88</b>  |
| 12.1.      | DISEÑO SISTEMA DE CONTROL   | 88         |
| 12.2.      | COMPONENTES DEL DISPOSITIVO   | 89         |
| 12.2.1.    | Arduino UNO   | 90         |
| 12.2.2.    | Módulo ESP8266  | 91         |
| 12.2.3.    | Batería de litio 12V y fuente MB V2 AMS1117   | 91         |
| 12.2.4.    | Sensor de humedad YL-69   | 92         |
| 12.2.5.    | Sensor de flujo de agua YS-F201   | 95         |
| 12.2.6.    | Sensor de nivel de agua   | 97         |
| 12.3.      | DATOS DESDE IDE ARDUINO Y THINGSPEAK  | 101        |
| <b>13.</b> | <b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>   | <b>106</b> |
| <b>14.</b> | <b>CONCLUSIONES</b>   | <b>108</b> |
| <b>15.</b> | <b>TRABAJOS FUTUROS</b>   | <b>109</b> |
|            | <b>REFERENCIAS</b>  | <b>110</b> |
|            | <b>ANEXOS</b>   | <b>113</b> |

## LISTADO DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Fases metodológicas .....   | 24 |
| <b>Figura 2.</b> Atrapa nieblas para Bolivia y Perú .....  | 31 |
| <b>Figura 3.</b> Arquitectura para la instrumentación en recolectores de agua .....  | 33 |
| <b>Figura 4.</b> Flujo de aire .....   | 35 |
| <b>Figura 5.</b> Tipos de deposición de gotas de agua.....   | 36 |
| <b>Figura 6.</b> Recolector de Agua Lluvia .....   | 38 |
| <b>Figura 7.</b> Planta de recolección de agua residual. ....  | 38 |
| <b>Figura 8.</b> Tipos de recolectores de niebla .....   | 39 |
| <b>Figura 9.</b> Estándares Wireless .....   | 43 |
| <b>Figura 10.</b> Ejemplo recolector de agua lluvia .....  | 51 |
| <b>Figura 11.</b> Presentación del WATER COLLECTOR 1.0 a las directivas de la institución, colegio Ofelia Uribe de Acosta.....             | 66 |
| <b>Figura 12.</b> Presentación del proyecto WATER COLLECTOR 1.0 a estudiantes asignados al desarrollo del proyecto.....                    | 67 |
| <b>Figura 13.</b> Explicación del proyecto a los estudiantes del semillero.....  | 68 |
| <b>Figura 14.</b> Reconocimiento del terreno otorgado por el colegio Ofelia Uribe de Acosta.....   | 69 |
| <b>Figura 15.</b> Preparación del terreno.....   | 71 |
| <b>Figura 16.</b> Terreno preparado para el sembrado de cebolla roja .....   | 72 |
| <b>Figura 17.</b> Semillero temporal para las semillas de cebolla roja .....   | 72 |
| <b>Figura 18.</b> Brotes de cebolla roja en el semillero .....   | 73 |
| <b>Figura 19.</b> Trasplantado de brotes de cebolla a la huerta final .....  | 73 |
| <b>Figura 20.</b> Instalación control de riego para la cebolla roja. ....  | 74 |
| <b>Figura 21.</b> Bomba para el control de riego de la huerta. ....  | 75 |
| <b>Figura 22.</b> Presentación de los sensores utilizados por el WATER COLLECTOR 1.0 a los estudiantes asignados al trabajo de grado ..... | 76 |
| <b>Figura 23.</b> Presentación Placas de Arduino UNO .....   | 77 |
| <b>Figura 24.</b> Interfaz gráfica de Arduino (LED ON/OFF) .....   | 77 |
| <b>Figura 25.</b> Explicación de interfaz de Thingspeak.....   | 78 |
| <b>Figura 26.</b> Explicación de comandos AT para la conexión a internet del módulo ESP8266.....   | 79 |
| <b>Figura 27.</b> Presentación del módulo WIFI ESP8266 para acople con Arduino .....   | 79 |
| <b>Figura 28.</b> Atrapa niebla bidimensional .....  | 80 |
| <b>Figura 29.</b> Agujero para enterrar el atrapa niebla.....  | 81 |
| <b>Figura 30.</b> Preparación del terreno.....   | 82 |
| <b>Figura 31.</b> Estructura anclada al suelo.....   | 83 |
| <b>Figura 32.</b> Diseño AutoCAD del atrapa niebla.....  | 83 |
| <b>Figura 33.</b> Recolecto de agua lluvia .....   | 84 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 34.</b> Montaje de la estructura del recolector de agua lluvia. ....   | 85  |
| <b>Figura 35.</b> Captador de agua lluvia .....  | 86  |
| <b>Figura 36.</b> Instalación sensor de flujo.....   | 86  |
| <b>Figura 37.</b> Direccionamiento de la tubería hasta el tanque de almacenamiento ...   | 87  |
| <b>Figura 38.</b> Diseño de los recolectores en AutoCAD. ....  | 87  |
| <b>Figura 39.</b> Diagrama de flujo proceso de control.....  | 88  |
| <b>Figura 40.</b> Diagrama de control.....   | 89  |
| <b>Figura 41.</b> Arduino UNO.....   | 90  |
| <b>Figura 42.</b> Módulo ESP8266 .....   | 91  |
| <b>Figura 43.</b> Batería de litio 12 V.....   | 91  |
| <b>Figura 44.</b> Fuente MB V2 AMS1117 .....   | 92  |
| <b>Figura 45.</b> Sensor humedad del suelo (YL-69).....  | 92  |
| <b>Figura 46.</b> Grafica de linealización .....   | 93  |
| <b>Figura 47.</b> Sensor de flujo de agua ½” .....   | 95  |
| <b>Figura 48.</b> Grafica de linealización.....  | 97  |
| <b>Figura 49.</b> Sistema ON/OFF sensor de nivel.....  | 98  |
| <b>Figura 50.</b> Conexión para acoplar la bomba de agua al módulo Arduino UNO.....  | 99  |
| <b>Figura 51.</b> Diagrama de conexión WATER COLECCTOR 1.0 .....   | 100 |
| <b>Figura 52.</b> Creación de canales en Thingspeak.....   | 102 |
| <b>Figura 53.</b> API KEY .....  | 102 |
| <b>Figura 54.</b> Comando AT para módulo ESP8266.....  | 103 |
| <b>Figura 55.</b> Código para envío y conexión de datos a Thingspeak.....  | 104 |
| <b>Figura 56.</b> Transmisión de datos al canal WATER COLLECTOR 1.0 Thingspeak .....   | 105 |
| <b>Figura 57.</b> Porcentaje de conocimientos previos al desarrollo del WATER COLLECTOR 1.0.....                               | 106 |
| <b>Figura 58.</b> Porcentaje de conocimientos adquiridos por los estudiantes luego del desarrollo del WATER COLLECTOR 1.0..... | 107 |

## LISTADO DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Tipos de anemómetro.....  | 41 |
| <b>Tabla 2.</b> Comparativo entre sistemas de control .....   | 42 |
| <b>Tabla 3.</b> Tipos de captadores de niebla.....  | 44 |
| <b>Tabla 4.</b> Ponderación Atrapa nieblas.....   | 47 |
| <b>Tabla 5.</b> Ponderación tipo de malla recolectora.....  | 50 |
| <b>Tabla 6.</b> Ponderación de placas de procesamiento de datos .....                               | 55 |
| <b>Tabla 7.</b> Ponderación sensor de flujo .....   | 57 |
| <b>Tabla 8.</b> Ponderación sensor de humedad.....  | 59 |
| <b>Tabla 9.</b> Evaluación sensor de nivel .....  | 60 |
| <b>Tabla 10.</b> Evaluación de hortalizas.....  | 63 |
| <b>Tabla 11.</b> Resultado en la ponderación .....  | 64 |
| <b>Tabla 12.</b> Herramienta de Evaluación para estudiantes del colegio Ofelia Uribe de Acosta..... | 70 |
| <b>Tabla 13.</b> Datos voltaje vs humedad .....   | 93 |
| <b>Tabla 14.</b> Muestreo de humedad en la huerta de cebolla cabezona roja. ....                    | 94 |
| <b>Tabla 15.</b> Muestreo de cada pulso .....   | 96 |
| <b>Tabla 16.</b> Factor de conversión .....   | 96 |

## LISTADO DE ANEXOS

|  |     |
|--|-----|
| <b>Anexo A.</b> Evaluación conocimientos previos estudiante 1 .....              | 113 |
| <b>Anexo B.</b> Evaluación conocimientos previos estudiante 2 .....              | 114 |
| <b>Anexo C.</b> Evaluación conocimientos previos estudiante 3 .....              | 115 |
| <b>Anexo D.</b> Evaluación Conocimientos post estudiante 1 .....                 | 116 |
| <b>Anexo E.</b> Evaluación Conocimientos post estudiante 2 .....                 | 117 |
| <b>Anexo F.</b> Evaluación Conocimientos post estudiante 3 .....                 | 118 |
| <b>Anexo G.</b> Diseño 3D para los recolectores de agua .....                    | 119 |
| <b>Anexo H.</b> Diseño 3D para los recolectores de agua.....                     | 120 |
| <b>Anexo I.</b> Vista frontal para los diseños de los recolectores de agua. .... | 121 |
| <b>Anexo J.</b> Vista en 2D, PCB del WATER COLLECTOR 1.0.....                    | 122 |
| <b>Anexo K.</b> Vista en 2D PCB WATER COLLECTOR 1.0.....                         | 123 |
| <b>Anexo L.</b> Vista en 3D PCB WATER COLLECTOR 1.0 .....                        | 124 |
| <b>Anexo M.</b> WATER COLLECTOR 1.0 .....  | 125 |
| <b>Anexo N.</b> Programación WATER COLLECTOR 1.0 .....                           | 126 |

## GLOSARIO

**AGRICULTURA:** Ciencia que trata de la aplicación de los principios de la agronomía a cada cultivo en particular, modificándolos, según las necesidades de cada especie vegetal.

**CULTIVO URBANO:** Se trata de espacios cubiertos o no para el cultivo de flores, aromáticas, hortalizas o frutales a escala doméstica, sin que por ello se menosprecie la calidad de los productos obtenidos en ellos.

**HORTALIZA:** Planta comestible que se cultiva en huertas, las cuales generalmente se siembran en ambientes fríos.

**HUMEDAD ABSOLUTA:** Es la cantidad máxima de vapor de agua que puede tener un volumen determinado de aire.

**HUMEDAD RELATIVA:** Dícese de la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera en relación con la cantidad máxima que podría contener esa misma masa de aire a igualdad de temperatura y presión.

**IoT:** el internet de las cosas, por sus siglas en inglés, es un sistema de dispositivos de computación interrelacionados, máquinas mecánicas y digitales, objetos, animales o personas que tienen identificadores únicos y tienen la capacidad de transferir datos a través de una red, sin requerir de interacciones humano a humano o humano a computadora.

**LLUVIA:** es un fenómeno meteorológico que consiste en caer el agua en forma de precipitación líquida desde las nubes, formadas por condensación del vapor de agua, que al cobrar tamaño y peso no pueden mantenerse suspendidas en el aire.

**POLISOMBRA:** es una tela tejida en polietileno, con protección UV que garantiza su durabilidad, fabricada en diferentes porcentajes de 35%, 50%, 65% y 80%.

**RECOLECCION:** procede del latín recollectum y hace referencia a la acción y efecto de recolectar (juntar cosas dispersas).

**SENSOR:** dispositivo electrónico que detecta estímulos externos de variables físicas y las relaciona con valores de voltaje, resistencia, capacitancia entre otras.

**SUELO:** Puede ser considerado como un componente del ambiente renovable en el largo plazo, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y microorganismos.

**TIC:** Las Tecnologías de la información y las comunicaciones se refieren al uso de equipos de telecomunicaciones y computadoras para la transmisión, el procesamiento, el almacenamiento y visualización de datos. La noción abarca cuestiones propias de la informática, la electrónica y las telecomunicaciones.

**WLAN (Wireless Local Área Network):** es una red de área local inalámbrica la cual permite la conexión de dispositivos a internet facilitando su accesibilidad desde cualquier lugar.

## RESUMEN

La capital de Colombia, la ciudad de Bogotá D.C es bien conocida por tener un clima frío la mayor parte del tiempo, sumado a que se encuentra ubicada cerca de la línea del Ecuador presenta generalmente dos tipos de temporadas o estaciones las cuales son de lluvia o sequía, debido a esto las precipitaciones se dan constantemente generando una humedad en el ambiente muy marcada para toda la población, todo esto y por su gran altitud Bogotá se muestra con un clima de montaña donde en muchas ocasiones la humedad del ambiente se condensa generando así lo que se conoce como niebla. Esto muestra un amplio panorama de oportunidades y beneficios dentro de un contexto social para el aprovechamiento de recursos naturales hídricos, aprovechando al máximo el clima que ofrece la capital del país. Existiendo diferentes partes no solo en Bogotá sino en otros lugares del país en donde el clima se presta para el aprovechamiento de este recurso, se supone un mecanismo para la recolección de agua que contribuya a la sustentabilidad de una población determinada, en donde el contexto social y de concientización sobre el aprovechamiento de este recurso a través de la tecnología incentive a la población al aprovechamiento de este.

Por tal razón, el presente trabajo de grado tiene como objetivo el desarrollo de un recolector de agua en la comunidad estudiantil del colegio Ofelia Uribe de Acosta en la zona rural Yomasa, el contexto de este proyecto tiene un enfoque pedagógico para incentivar a la comunidad estudiantil al uso e importancia de la tecnología para el aprovechamiento de recursos naturales, en este caso captar agua por múltiples formas dentro de un ambiente controlado con la tecnología.

Para el desarrollo del trabajo de grado se realizó una ponderación para cada una de las características que ofrecen los distintos tipos de recolector de agua y a su vez este mismo procedimiento para la instrumentación requerida dentro del captador de agua, esto con el fin de validar más detalladamente cuál de estos tipos de captadores de agua se ajustan mejor a la zona, condiciones climáticas y entre otras variables y así poder elegir el modelo de captación de agua más adecuado junto con su instrumentación en la zona, adicionalmente para el aprovechamiento del agua en la institución se manejan mucho lo que son cultivos urbanos, para este caso se realizaron ponderaciones para determinar qué tipo de cultivo se podría plantar en el suelo con el que se disponía, para así tener un máximo aprovechamiento del agua recolectada, junto con un control de riego para un uso adecuado del agua recolectada.

Un adecuado proceso de captación de agua, siembra está sujeto a determinadas variables, como lo son, la zona, las condiciones climáticas, el diseño que mejor se ajuste para recolectar el líquido. Estas son condiciones idóneas en el proceso de



recolección de agua, el control para el almacenamiento de agua se hace a través de la cantidad de líquido que se esté obteniendo diariamente. Dicho monitoreo, se realiza por medio de la transmisión de las variables en una red de área local LAN, que permite el envío de datos de manera inalámbrica hacia una base de datos dentro de un área limitada (uso del protocolo de comunicación IEEE 802.11) y terminando por enviarlos y almacenar los datos dentro de una plataforma de IoT.

**Palabras clave:** base de datos, condiciones climáticas, control, protocolo de comunicación, red de área local, captación, atrapa nieblas, condensación, humedad absoluta, humedad relativa, IEEE, IoT, huerta.

## INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua de calidad es una de las principales problemáticas que enfrenta la humanidad hoy en día, esto dado por el mal uso y aprovechamiento del recurso que amenaza a todo el mundo y a su acceso futuro, ya que la elevada demanda de este recurso sobre pasa los límites que se tienen en cuanto al abastecimiento de agua, además de la elevada contaminación atmosférica la cual contamina cuerpos de agua como, por ejemplo, ríos, lagos arroyos, etc. Con lo cual limita su acceso a funciones tan vitales como la higiene, seguridad alimentaria entre otros.<sup>1</sup>

Esta elevada demanda del líquido se debe también al crecimiento urbano, la ciudad de Bogotá y su área metropolitana ha venido experimentando un crecimiento físico y demográfico desde comienzos de 1950.<sup>2</sup> El barrio Yomasa es una zona rural de la localidad de Usme, inicialmente, estas zonas estaban destinadas a la producción agrícola, luego dio paso a la explotación de materiales para la construcción, lo cual convirtió a la zona en una fuente importante de urbanización, gracias a las ladrilleras que se encuentran en sus límites con los cerros orientales del sur de Bogotá.<sup>3</sup>

La localidad de Usme cuenta con una temperatura de 13° promedio anual, una humedad relativa entre seca y semiseca, precipitación total de 800 a 1000 mm y su periodo más lluvioso esta entre abril a octubre y cuenta con una altitud de 2276 metros sobre el nivel del mar.<sup>4</sup> Entre otras cosas cuando la mayor parte de bogotanos se dispone a empezar su día normalmente, espesos bancos de niebla recorren el cielo de toda la zona rural del oriente de la ciudad. Entre las 4:30 a.m. y las 6:30 a.m., densas capas de niebla se suspenden sobre las viviendas de las personas que habitan esta determinada área<sup>5</sup>. Esto da una noción de que en la localidad de Usme se pueden aprovechar estas características climáticas que presenta la zona y con el cual se podrá incentivar a la comunidad estudiantil sobre el aprovechamiento de este recurso hídrico de una manera distinta y renovable, como con el sistema WATER COLLECTOR 1.0 propuesto para este trabajo de grado.

---

<sup>1</sup> Huertas Rodríguez Jennifer Paola, Molina Torres Paula Andrea. Estudio de prefactibilidad para la posible implementación de atrapa nieblas en el municipio de Ráquira. Trabajo de Grado.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2016. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3976/1/MolinaTorresPaulaAndrea2016.pdf>

<sup>2</sup> Preciado Beltrán Jair. Bogotá Región: crecimiento urbano en la consolidación del territorio metropolitano. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <http://n9.cl/YcU6>

<sup>3</sup> Bolivariano. (2017). Bolivariano, Vamos Por Colombia. Obtenido de <https://goo.gl/gxiH1t>

<sup>4</sup> CLGR-CC USME. Caracterización General de Riesgo. 10 noviembre 2017. Obtenido de <http://n9.cl/7Uu>

<sup>5</sup> Felipe García, El espectador. (4 abril 2016). El espectador, campesinos de Bogotá cazan neblina para obtener agua. Obtenido de <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/campesinos-de-bogota-cazan-neblina-obtener-agua-articulo-625370>

El programa Institucional “Yomasa” de la Universidad Católica de Colombia, lleva aproximadamente 6 años en ejecución, el cual tiene como propósito “recuperar la dignidad, restablecer los valores, fortalecer la autonomía y desarrollar propuestas sustentables, con personas en situación de fragilidad social en la localidad quinta de Usme” <sup>6</sup>, esta iniciativa cuenta principalmente con estudiantes del programa de psicología, Ingeniería Civil, Arquitectura e Ingeniería Industrial, además de la participación de docentes del programa de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones, el proyecto WATER COLLECTOR 1.0 no es el primero en ser implementado por estudiantes de la facultad de ingeniería electrónica y telecomunicaciones bajo la modalidad de práctica social y el ideal de este trabajo de grado es poder incentivar e integrar el diseño del WATER COLLECTOR 1.0 junto con el semillero de estudiantes del colegio Ofelia Uribe de Acosta, capacitando tecnológicamente a los estudiantes involucrados en temas relacionados con el aprovechamiento de recursos renovables y su integración con las tecnologías aplicables en el mismo.

Durante todo el desarrollo del WATER COLLECTOR 1.0 se irán evidenciando todas las fases del trabajo de grado, el cual se implementó directamente en la institución educativa, colegio Ofelia Uribe de Acosta, a medida que se avanza con la ejecución del WATER COLLECTOR 1.0, se mostrara el desarrollo de cada uno de los objetivos que están relacionados directamente y los objetivos de responsabilidad social acordados con la institución.

---

<sup>6</sup> Universidad Católica De Colombia. (2011). Responsabilidad Social. Obtenido de <https://goo.gl/gc2a6m>

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

En las zonas rurales de Bogotá se observan grandes oportunidades de aprovechamiento de los recursos naturales. La Bogotá rural comprende la localidad de Sumapaz, que se extiende 78mil hectáreas hacia el sur, de las cuales 46mil son áreas de reserva, y sendas de extensiones de tierras en las localidades de, Suba, Chapinero, Santa Fe, Usme y ciudad Bolívar. La mayor cantidad de la población rural habita en la localidad de Usme (34%) y aproximadamente 3.322 familias habitan en estas zonas rurales y de las cuales 16.429 personas aprovechan los recursos naturales debido a la diversidad de pisos térmicos que estas zonas les ofrecen, principalmente por predominar el clima frío.<sup>7</sup>

Debido a las múltiples opciones de aprovechamiento de los recursos naturales, como por ejemplo la captación de agua en sus diferentes modalidades. En la localidad de Usme el colegio Ofelia Uribe de Acosta muestra gran interés en la búsqueda de nuevas alternativas para la recolección de agua y poder combinarla a distintos usos dentro de la institución. Este aprovechamiento del recurso hídrico puede constituir un aporte importante al desarrollo económico y social de la comunidad estudiantil.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, y considerando que la implementación de un sistema recolector de agua en una zona que cuente con buenas características climática, las cuales permitan la implementación de este recolector y se pueda generar una fuente alternativa a este recurso, usándolo en diversas actividades dentro de la institución, al igual que genere el interés de los estudiantes al aprovechamiento de este recurso junto con la integración de las tecnologías aplicadas al trabajo de grado. El enfoque de este trabajo de grado busca:

Generar gran interés en temas de tecnologías aplicadas en la captación de agua para los estudiantes de semillero que el Colegio Ofelia Uribe de Acosta actualmente maneja, con la finalidad que puedan servir como multiplicadores del conocimiento en la comunidad Yomasa y a futuro incentivar a los estudiantes a la gran oportunidad que se tiene con la integración de las tecnologías a distintos procesos u oportunidades de mejora.

En este sentido, este trabajo de grado se plantea responder a la siguiente pregunta de investigación:

---

<sup>7</sup> El Tiempo. (21 diciembre 2007). El Tiempo, 51 mil bogotanos residen en los sectores rurales de Bogotá. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-3869518>

¿Cuáles son los factores que influyen y se presentan al desarrollar un sistema de recolección de agua integrándolo con la electrónica y las telecomunicaciones, el cual generara un acceso adicional a este recurso para distintos usos de la comunidad estudiantil?

## 2. JUSTIFICACION

Teniendo en cuenta que la cuenca hidrográfica más importante, de la localidad de Usme es la del río Tunjuelito, el cual nace desde la laguna los tunjos del páramo de Sumapaz. Esto hace que gran parte del abastecimiento de agua para la localidad de Usme sea de esta cuenca, sino que también esta misma abastece a gran parte de la ciudad, adicionalmente debido a la geografía local constantemente se presentan precipitaciones en el orden de los 1000 a 1500 mm.<sup>8</sup> Se encontró que la propuesta de trabajo de grado cuenta con los recursos necesarios como la temperatura adecuada y la humedad que presenta la zona, las cuales permiten la implementación del WATER COLLECTOR 1.0 en el colegio Ofelia Uribe de Acosta, localidad de Usme.

También cabe resaltar el sentido social que tiene este trabajo de grado, ya que permitirá que jóvenes del Colegio Ofelia Uribe de Acosta puedan participar en él y a su vez que este proyecto contribuya a su formación académica, sobre temas de electrónica, programación y aprovechamiento de los recursos naturales.

De igual forma, el presente trabajo de grado podrá reducir costos dentro de la institución, ya que la captación de agua tendrá un uso para las distintas huertas que se construyen por parte de los semilleros que se manejan en la institución. Todo esto teniendo un ambiente controlado integrándolo con las tecnologías previstas para el desarrollo del mismo.

---

<sup>8</sup> Cámara de Comercio de Bogotá. (1999). Perfil local de Usme. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11520/3248>

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar sistema electrónico de recolección de agua para la comunidad estudiantil del colegio Ofelia Uribe de Acosta.

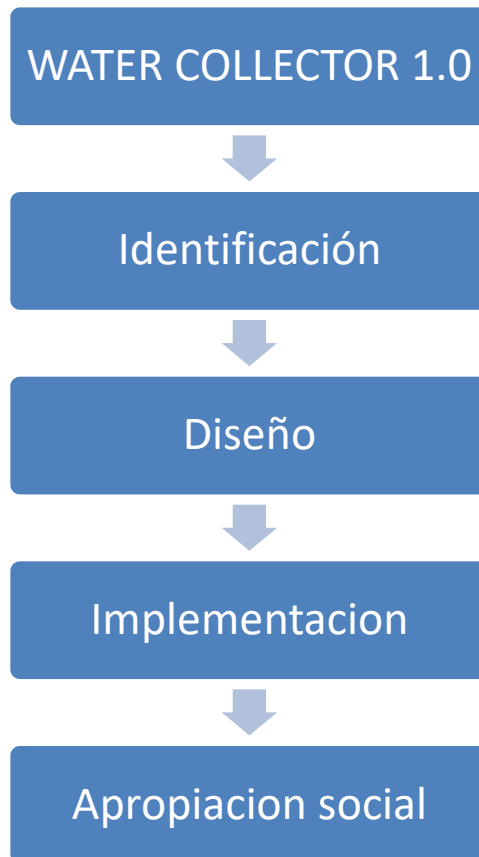
#### **3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Estudiar el modelo de captación de agua que se ajuste a las condiciones climáticas de Yomasa.
- Identificar la instrumentación requerida para el sistema de almacenamiento de líquido.
- Diseñar una estructura para la recolección de agua (horizontal y vertical).
- Implementar un sistema electrónico vinculando la instrumentación seleccionada para el modelo de almacenamiento de agua.
- Divulgar a la comunidad estudiantil (bachiller medio), el análisis realizado teniendo en cuenta la información obtenida por el sistema.

## 4. METODOLOGIA

El trabajo de grado se llevó a cabo mediante 4 fases metodológicas (véase figura 1):

**Figura 1.** Fases metodológicas



**Fuente:** autores.

### 4.1. IDENTIFICACIÓN

Con la etapa de identificación, se buscó la información detallada para los sistemas recolectores de agua, además de búsqueda de información para estructurar el sistema de control para que los estudiantes asignados al desarrollo del trabajo de grado conocieran la propuesta y que también tuvieran una visión más clara de lo que es un recolector de agua, además de sus múltiples aplicaciones y lo más



importante, como se puede integrar la electrónica y las telecomunicaciones dentro de cualquier sistema electrónico. Dentro de las actividades desarrolladas se desglosan:

- Búsqueda de información sobre distintos tipos de captadores de agua lluvia y niebla.
- Analizar los mejores modelos de captación de agua que se puedan implementar.
- Conocer las variables a medir.
- Indagar sobre el método a usar para la medición de las variables.
- Identificar los componentes necesarios para el control de las variables (sensores, actuadores, etc).

#### **4.2. DISEÑO**

Se realizaron los planos correspondientes para la implementación de los recolectores de agua. Teniendo en cuenta un área disponible de trabajo de 20 metros cuadrados se simularon las estructuras captadoras de agua y la parte de hardware del sistema de control, siguiendo los siguientes pasos:

- Diseño en Auto-Cad en 2D y 3D de los recolectores de niebla y agua.
- Realizar los planos de conexiones entre los componentes requeridos.
- Elaboración de la programación correspondiente para los componentes electrónicos.
- Ajustar los parámetros requeridos por el sistema.

#### **4.3. IMPLEMENTACIÓN**

Con la identificación del diseño adecuado (con su simulación) para los captadores de agua, las variables a controlar con sus elementos electrónicos y programación del sistema planteado, se procedió a la implementación de los recolectores de agua lluvia y niebla, al igual que el sistema electrónico para controlar las variables identificadas. Esto se realizó mediante las siguientes actividades:

- Implementación de los recolectores de agua lluvia y niebla.
- Ensamblaje de los componentes electrónicos para la integración con los recolectores de agua.
- Realizar las pruebas correspondientes sobre la captación de agua en sus diferentes modalidades.

- Transmisión vía inalámbrica y verificación de los datos recopilados por los sensores en la aplicación Thingspeak.

#### **4.4. APROPIACIÓN SOCIAL**

Con el montaje de estructuras y su parte electrónica ya integrada, se procedió con la socialización con los estudiantes del semillero participantes en el trabajo de grado WATER COLLECTOR 1.0, los cuales fueron los encargados de replicar la información con los demás estudiantes en la semana de la ciencia en el colegio Ofelia Uribe de Acosta. Realizando las siguientes actividades:

- Enseñanza sobre el manejo de la aplicación Thingspeak a los estudiantes.
- Entrega de manuales de usuario a los estudiantes asignados al proyecto.
- Divulgar a los estudiantes el análisis de resultados obtenidos tras la implementación del WATER COLLECTOR 1.0.

## 5. ANTECEDENTES

En la captación de agua se debe tener en cuenta tanto las condiciones meteorológicas de la zona, como las condiciones geográficas. Según la zona, se analiza qué tanta disponibilidad de agua se encuentra en determinada zona y la posibilidad del abastecimiento, para la cantidad de población que se encuentre habitando dicho sector, el clima es muy relevante en este análisis ya que dependiendo la cantidad de agua lluvia en dicha zona se pueden encontrar asentamientos de agua que no se tenga conocimiento.

En un ambiente con gran humedad la niebla se hace presente y más aún cuando la cantidad de vegetación en la zona es abundante ya que puede generar que la niebla sea más densa y se pueda dar una captación de agua a partir de la niebla que se esté generando en la zona, el sistema de captación de agua niebla permite interceptar el flujo de la niebla de alta densidad o humedad, por medio de una malla cuya textura es de un diámetro muy pequeño, atrapando entre 4 a 5 litros diarios dependiendo de los factores anteriormente mencionados.<sup>9</sup>

Un atrapa nieblas tiene un diseño pensado de modo que, con la fuerza del viento se pueda facilitar una recolección de agua más rápido y el transporte a las diferentes zonas de abastecimiento, para esto como se menciona anteriormente es aconsejable la aplicación de este tipo de captación de agua en zonas áridas y semiáridas y que presenten dificultades de abastecimiento del líquido.<sup>10</sup>

La Universidad Católica de Chile empezó a generar estos estudios desde 1998 para detectar y saber cómo es el comportamiento de la niebla en las diferentes partes costeras de Chile, así como el diseño y análisis de las ventajas y desventajas que los diversos diseños de atrapa nieblas, estos desarrollos en sus primeros diseños presentaban 4 problemas básicos como lo es la fuerza del viento, el alto costo de su diseño ya que la implementación en lugares con bajos recursos ha imposibilitado su construcción donde sea indispensable un abastecimiento de agua niebla, adicionalmente los materiales que se usan debido a que estos mecanismos están a la intemperie presentan una grave corrosión y oxidación en todos sus componentes y por último su mantenimiento ya que estos diseños no son universales.<sup>11</sup>

---

<sup>9</sup> Huertas Rodríguez Jennifer Paola, Molina Torres Paula Andrea. Estudio de prefactibilidad para la posible implementación de atrapa nieblas en el municipio de Ráquira. Trabajo de Grado.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2016. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3976/1/MolinaTorresPaulaAndrea2016.pdf>

<sup>10</sup> SOTO Guido, captación de agua de las nieblas costeras (Camanchaca), Chile. Manual de capacitación y aprovechamiento de agua lluvia.

<sup>11</sup> Garretón Pablo, Brandan Pablo. Atrapa niebla aerodinámica, una solución local para un problema global. Revista 180, 28-29. Obtenido de <http://www.revista180.udp.cl/index.php/revista180/article/view/211/207>

Debido a dichos inconvenientes presentados, se maneja un diseño que se ayuda de la velocidad del viento, es decir, de una de las principales desventajas que presentaba se dio con una solución que optimiza el diseño del atrapa nieblas ya que aumenta la presión de las partículas de agua reteniéndolas en una estructura de malla y llevándolas a los tanques de acopio y distribución de agua, con este nuevo diseño se implementa un tipo de tienda de campaña, con la cual se reduce su peso y su ensamble mucho más fácil.<sup>12</sup>

Se sabe que diversos países han trabajado y experimentado con este tipo de captación de agua como lo es Chile, Colombia, algunos países de África, Centro América, entre otros.

En la actualidad se está intentando innovar en los materiales que se deben usar para este tipo de proyectos. Este es el caso de los tipos de mallas, con una fabricación especial para este fin, la búsqueda del lugar ideal para la instalación de los equipos se está mejorando con sondas que encuentran las áreas con mayor humedad. Con el desarrollo industrial de estos sistemas se inician los análisis que permiten relacionar costo beneficio del aprovechamiento de la niebla como fuente de agua, es decir se pasa del plano técnico de la captación de agua a evaluar la rentabilidad del proyecto.<sup>13</sup>

## **5.1. TRABAJOS DE CAPTACION DE AGUA EN CHILE**

Chile por ser el pionero de esta técnica de captación de agua se le atribuyen diversas aplicaciones de atrapa nieblas en múltiples zonas en donde la distribución de agua o simplemente el agua potable no es la óptima para la población. La Universidad Católica de Chile empezó a generar estos estudios desde 1998 para detectar y saber cómo es el comportamiento de la niebla en las diferentes partes costeras de Chile, con la colaboración de Pablo Osses, Virginia Carter y Pilar Cereceda miembros de la institución empezó con los estudios de este tipo de captación de agua por niebla.<sup>14</sup> De los principales estudios realizados en distintas partes de Chile, se pueden destacar.

---

<sup>12</sup> Ibid., p.29

<sup>13</sup> Cereceda pilar, Hernandez Pedro, Leiva Jorge, Rivera Juan de Dios. (2011 - 2014). Agua de niebla. Nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas.

<sup>14</sup> Garreton Pablo, Brandan Pablo. Op. Cit., p. 28.

### 5.1.1. Atrapa nieblas para el Santuario del padre Hurtado

Este santuario el cual se encuentra ubicado en el KM 275 de la carretera panamericana Norte en el cerro Talinay, el cual es un sitio con vasta vegetación y a una altura apropiada para la implementación de este sistema, en dicha zona se presentaba una escasez de agua considerable, se habilitó un terrero con la cual la universidad de Chile instaló 10 atrapa nieblas y un contenedor en donde se almacene toda el agua, el cual según los estudios realizado tendría una distribución de agua suficiente de 2 litros por metro cuadrado al día, adicionalmente se realizaron los respectivos estudios geográficos para una buena instalación. El resultado luego de este proceso fue de una captación de agua alrededor de los 5.4 litros por metro cuadrado al día, dando un rendimiento suficiente y hasta más de lo esperado con las condiciones climáticas que se presentaban en dicha zona.<sup>15</sup>

### 5.1.2. Implementación de Atrapa nieblas en el Desierto de Tarapacá

Su área de estudio total comprende unos  $8000\text{km}^2$ , se definieron diferentes tipos de sitios en donde penetra la niebla con la vegetación del lugar, dividiendo su metodología de estudio en dos, una para la niebla y otra para la vegetación de la zona. Con la niebla se permitió la altitud más adecuada y definiendo los corredores de niebla para poder cuantificar la cantidad de niebla a recolectar, se evaluó la temperatura anual y las diferentes regiones en donde se pueda presentar más precipitaciones. Con la instalación hecha se generaron mediciones diarias de todos los parámetros meteorológicos como lo son la humedad relativa, la temperatura, dirección y velocidad del viento, así como también se generó la medición diaria y durante dos años consecutivos entre el 09 de agosto de 1997 y el 01 de agosto de 1999 donde arrojó un promedio de recolección de líquido de  $1.17\frac{\text{L}}{\text{m}^2}$  diarios.<sup>16</sup>

En Chile se realizaron estudios de la niebla con respecto a la vegetación de la zona, más específicamente en los bosques del sur, con lo cual se concluye que se aporta un gran parte de nutrientes con el contenido de nutrientes que aporta a la vegetación.<sup>17</sup>

---

<sup>15</sup> Osses Pablo, Cereceda Pilar, Larraín Horacio, Correa Cristóbal. (2000). Los atrapa nieblas del santuario del padre Hurtado y sus proyecciones en el combate a la desertificación. Revista norte grande, 61-67. Obtenido de <http://n9.cl/YLHQ>

<sup>16</sup> Osses Pablo, C. P. (1999). Campos de tillandsias y niebla el desierto de Tarapacá. Revista de geografía de norte grande, 3-13. Obtenido de <http://n9.cl/PfD>

<sup>17</sup> Ibid., P. 6.

### **5.1.3. Caleta Chungungo, Chile**

En la zona de Tofo – Chungungo alrededor de 1990 se desarrolló uno de los proyectos de recolección de agua nieblas más exitosas hasta el momento. Inicialmente se implementó para abastecer a los pescadores de la zona, instalando 62 captadores de agua cada uno de 58 metros cuadrados y sistemáticamente se fueron agregando más y más. Con los estudios realizados se concluyó que los habitantes de la zona consumían un promedio de 14 litros de agua por persona al día, siendo alrededor de 330 habitantes. Por tanto, para finales de los años 90's la recolección de agua niebla con 91 captadores se direccionaba a un estanque de 160 metros cúbicos los cuales se llenaban con gran facilidad.<sup>18</sup>

Para el año 2000, el proyecto de los atrapa niebla se entregó a la gobernación de esa época y a sus habitantes, ya que esto fue financiado por el centro internacional de investigaciones para el desarrollo de Canadá (CIID), con la colaboración de la Universidad Católica de Chile, entre otros. Los mantenimientos necesarios de las estructuras nunca se hicieron luego de entregado el proyecto y con el tiempo las estructuras se debilitaron y su funcionamiento paso a segundo plano, volviendo a tener que abastecerse de agua por medio de carro tanques.<sup>19</sup>

## **5.2. CAPTACION DE AGUA EN BOLIVIA Y PERU**

Este trabajo fundamentalmente se orientó para la reforestación de algunas zonas de Perú y Bolivia, con un proyecto a mediano-largo plazo por medio de captación de agua niebla, realizaron los estudios pertinentes sobre 6 regiones diferentes entre ambos países, como lo son Chanchamayo, Chíncha, Canchaque, Morropón, Alto del Veladero y Cruce de Pucará, cada uno con datos relacionados como: distancia en Km hasta la costa, ubicación exacta, altitud, precipitación total anual, piso ecológico, entre otras<sup>20</sup>.

Cada una de estas 6 regiones analizadas contaba con diversos tipos de vegetación y de clima los cuales pueden afectar o dar una ventaja a la hora de realizar algún tipo de implementación de recolección de agua niebla. Entre los meses de mayo a julio de 2012 se puso en funcionamiento los atrapa nieblas entre las 6 regiones y

---

<sup>18</sup> Sarria Rodrigo, Standen Mariana, Vilaza Nicole. (octubre 2015). Universidad de Chile. Evaluación social de alternativas de abastecimiento de agua potable a la costa sur de Iquique. Obtenido de <http://n9.cl/7XhN>

<sup>19</sup>Ibid., P. 9.

<sup>20</sup> Zablaketa, Ner Group. (octubre de 2013). Captación de agua de niebla para reforestación en Perú y Bolivia. Obtenido de <http://n9.cl/8Rzs>

constantemente se estaban tomando los datos que registraba cada recolector de agua niebla.<sup>21</sup>

La estructura del atrapa niebla que fue instalado en cada una de las 6 regiones en donde se implementó este proyecto fue estructurada de la siguiente manera (véase *Figura 2.*):

- Área de captación 1 metro cuadrado a dos metros sobre el suelo.
- Malla raschel de 35% de sombra, colocada en doble capa.
- Superficie de captación con dos tubos galvanizados, con una altura de 3m.

**Figura 2.** Atrapa nieblas para Bolivia y Perú



Fuente: Zablaketa, Ner Group. Captación de agua de niebla para reforestación en Perú y Bolivia. Obtenido de <http://n9.cl/8Rzs>

---

<sup>21</sup> Ibid., P. 19.

### 5.3. CAPTACIÓN DE AGUA EN COLOMBIA

Fog Quest es una ONG la cual se dedica a planear e implementar proyectos para proporcionar de agua a lugares en donde no se tenga un acceso al líquido, con proyectos llevados a cabo desde 1987 en distintos países, como Ecuador, Chile, Guatemala, Perú, entre otras.<sup>22</sup> En septiembre de 2009 esta ONG implemento un recolector de niebla en la zona rural de Buga- Valle del Cauca.<sup>23</sup>

En el 2014 los ingenieros y diseñadores de la Universidad Nacional de Colombia implementaron un recolector de agua niebla a partir del principio de la vela Windsurf, lo que se hizo básicamente fue adaptar el modelo original del atrapa niebla y aplicar un diseño propio de ellos, en el cual se incorporaron unos ejes en los parales que soportan la malla haciéndola más ajustable a la orientación que lleve el viento y aprovechando aún más la fuerza que proporciona el viento sobre la niebla a recolectar, adicionalmente se usó una malla de 35% en polipropileno poli sombra.<sup>24</sup>

Todo esto redujo el costo de fabricación alrededor de un 50% ya que generalmente esta importado y su mano de obra tanto de instalación como de mantenimiento son más elevados, porque como se mencionó anteriormente el diseño del colector no es universal y se pueden encontrar diseños de todo tipo.<sup>25</sup>

### 5.4. TECNOLOGIAS EN RECOLECCION DE AGUA

La instrumentación que se puede emplear en un recolector de agua es muy variada ya que puede mejorar la tasa de colección o el control del flujo de agua captada, así mismo reducir costos de montaje y mantenimiento de las estructuras. Esta instrumentación puede ayudar a:

- Selección de las mejores ubicaciones del recolector de agua.
- Medición de eficiencia de colección de agua.
- Medición de fuerzas ejercidas por el viento sobre la estructura.

Entre la instrumentación se encuentran sensores y demás sistemas para almacenar y o transmitir los datos recolectados, sea vía internet o alguna base de datos. Esta

---

<sup>22</sup> A cerca de Fog Quest. Obtenido de <http://www.fogquest.org/about-fogquest/what-we-do/>

<sup>23</sup> Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=M09R7ZhogZY>

<sup>24</sup> Universidad Nacional de Colombia. (14 de febrero de 2014). Diseñan colector de niebla que aprovecha la dirección del viento. Obtenido de <http://n9.cl/KfH>

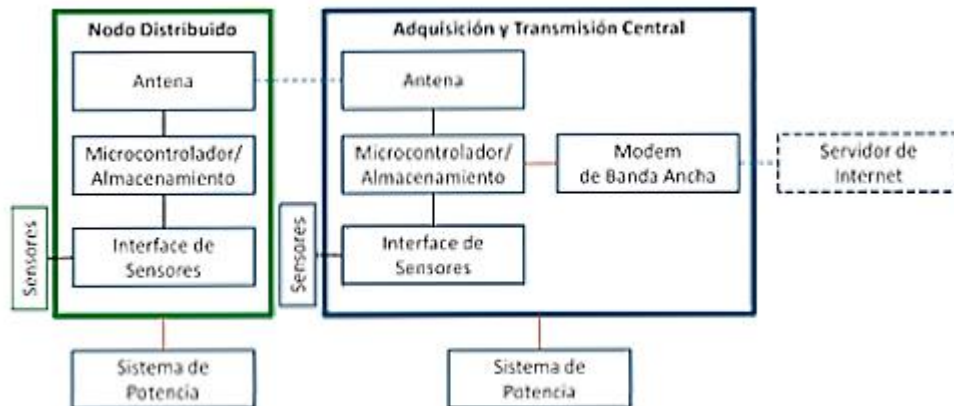
<sup>25</sup> Universidad Nacional de Colombia. (14 de febrero de 2014). Diseñan colector de niebla que aprovecha la dirección del viento. Obtenido de <http://n9.cl/KfH>



serie de datos deben ser datos de tipo cuantitativo y con un espacio de muestreo de largo plazo, es decir, largos periodos de tiempo.<sup>26</sup>

En la Figura 3. Se muestra una arquitectura básica para la implementación de la instrumentación a la hora de transmitir datos vía internet.

**Figura 3.** Arquitectura para la instrumentación en recolectores de agua



Fuente: Cereceda pilar, Hernández Pedro, Leiva Jorge, Rivera Juan de Dios. (2011 - 2014). Agua de niebla. Nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas

La instrumentación que se puede emplear en estos recolectores de agua puede ser el anemómetro para la medición de la velocidad del viento, una veleta para validar la dirección del viento, un pluviómetro para tener la acumulación de agua en determinado tiempo de registro, es decir, registrar cuánta agua está recolectando cada cierto tiempo. Con estos instrumentos y los instrumentos adecuados para la adquisición, almacenamiento y transmisión de datos se puede llegar a dar un procesamiento de datos, lograr una visualización y poder dar un análisis referente a esta recolección de agua.

<sup>26</sup> Cereceda pilar, Hernandez Pedro, Leiva Jorge, Rivera Juan de Dios. (2011 - 2014). Agua de niebla. Nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas.

## 6. MARCO CONCEPTUAL

En el siguiente capítulo se presentan los principales conceptos vinculados a las teorías antes mencionadas, esto con el fin de dar un enfoque que permita complementar la definición y vinculación de dichos conceptos con relación a los cultivos urbanos incluidos en un contexto que abarque las tecnologías utilizadas por el WATER COLLECTOR 1.0.

### 6.1. ATRAPA NIEBLAS

El atrapa nieblas es un dispositivo que permite capturar el agua que se encuentra alojada en la neblina a partir de la condensación de agua este proceso lo realiza una malla (Poli sombra), que captura las pequeñas gotas de agua que se encuentran en la neblina y las junta hasta generar gotas de agua bastante pesadas para que la gravedad las deslicen hasta el final de la malla en donde caerán en una canaleta que transportará el agua hacia un tanque.

Este sistema se encuentra compuesto de:

- Malla poli sombra, en esta malla se recolecta agua dependiendo del porcentaje de cubrimiento de la malla. (30%, 50%, 80%, 90%).
- Dos postes o bases de la estructura.
- Canaleta o conducto para el transporte del líquido.
- Tanque de almacenamiento.<sup>27</sup>

### 6.2. EFICIENCIA DE COLECCIÓN

La eficiencia de colección es un factor muy importante en la recolección de agua, ya que se determina cuanta cantidad de agua se está capturando en determinado tiempo. La eficiencia de captación de niebla ( $N_{cap}$ ) es el flujo de agua líquida capturada ( $C_{cap}$ ) dividido por el flujo disponible ( $C_{disp}$ ), tal y como se muestra en la Ecuación 1.<sup>28</sup>

$$N_{cap} = \frac{C_{cap}}{C_{disp}} \quad (1)$$

---

<sup>27</sup> López Juan, Canto Waldo, Meneses Raúl. (1989). Construcción de atrapa nieblas. IPA la platina N°56

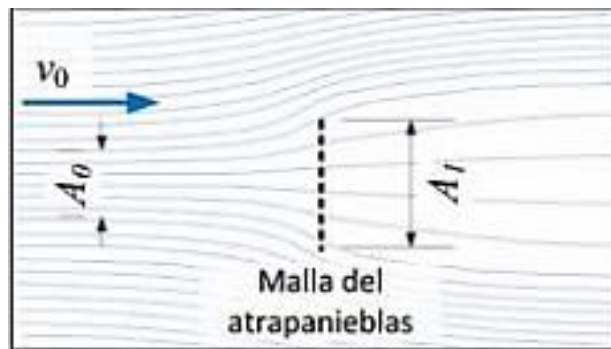
<sup>28</sup> Cereceda pilar, Hernandez Pedro, Leiva Jorge, Rivera Juan de Dios. (2011 - 2014). Agua de niebla. Nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas.

### 6.3. EFICIENCIA AERODINÁMICA

Para comprender esta eficiencia debemos tener en cuenta en qué dirección va el viento con mayor frecuencia. Teniendo en cuenta el factor mencionado anteriormente y sabiendo que la malla es una obstrucción para el flujo de niebla, el flujo de niebla el cual está limitado por la velocidad del viento será interrumpido por la malla, parte de esa niebla se desvía y otra se absorbe, la parte absorbida es el área efectiva y corresponde al flujo de niebla no perturbado al encontrarse con la malla.<sup>29</sup>

En la Figura 4. Se muestra un esquema básico del flujo de aire chocando con la llama.

**Figura 4.** Flujo de aire



Fuente: Cereceda pilar, Hernández Pedro, Leiva Jorge, Rivera Juan de Dios. (2011 - 2014). Agua de niebla. Nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas.

### 6.4. EFICIENCIA DE DEPOSICIÓN

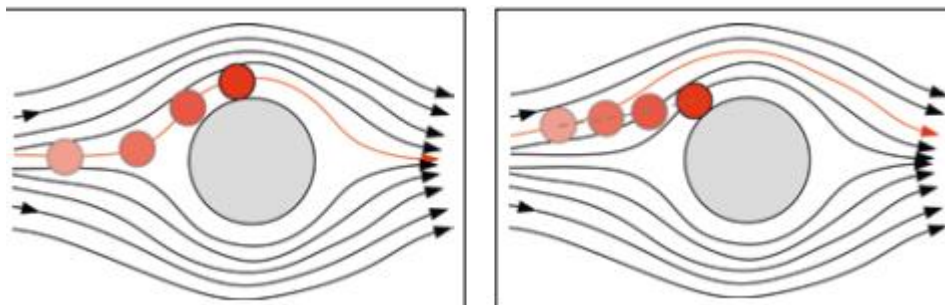
La eficiencia de deposición tiene en cuenta que las gotas de agua una vez en la malla, tienden a seguir el flujo de aire e intentaran pasar a través de los filamentos de la malla. En este caso, si una gota de agua sigue el flujo de aire y si esta pasa a una distancia del radio del filamento esta cocha con el filamento y se depositara, esto se llama deposición por intercepción. Pero si el tamaño de la gota y la velocidad es mayor comparado con las líneas de flujo de aire, no seguirá las líneas de flujo e inevitablemente chocará con el filamento de la malla y se depositará. A esto se le

---

<sup>29</sup> Ibid., P. 51.

llama deposición inercial.<sup>30</sup> En la Figura 5. Se muestra los dos tipos de deposición, inercial y por interceptación.

**Figura 5.** Tipos de deposición de gotas de agua



Fuente: Cereceda pilar, Hernández Pedro, Leiva Jorge, Rivera Juan de Dios. (2011 - 2014). Agua de niebla. Nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas.

---

<sup>30</sup> Ibid., P. 52

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE AGUA**

Parte fundamental para el desarrollo de este trabajo de grado, es el sistema de recolección de agua más adecuado, el cual es una estructura que permite almacenar líquido de maneras distintas.

Con WATER COLLECTOR 1.0, se tiene en cuenta el aprovechamiento de la humedad en el ambiente y demás factores que influyan en la capacidad de agua. A continuación, se presentan algunas de ellas:

#### **7.1.1. Recolección de Agua Lluvia**

En la actualidad las constructoras dan mucha importancia a la sostenibilidad de sus edificaciones, esto para minimizar el impacto ambiental que estas generan involucrando su fase de construcción y de operación. Estas constructoras hacen un aprovechamiento de las aguas lluvias, para la utilización en diversos usos como actividades de lavada, limpieza, entre otros. Todo esto abre paso al aprovechamiento de fuentes naturales que reducen costos a mediano o largo plazo.<sup>31</sup>

En este proceso se usan en techos de las viviendas o edificios canalizando el agua que cae sobre ellos en una red de tuberías que son dirigidas a un tanque de almacenamiento, también podemos encontrar otro tipo de estructuras como lo son estructuras inclinadas con plásticos o tejas. En la Figura 6 se muestra que en el punto (a) cae la lluvia la cual se desliza directamente por las tejas de la edificación hasta unas canaletas punto (b), las cuales generan un recorrido hasta llegar directamente hasta los puntos de almacenamiento del líquido, punto (c) y (d).

Adicionalmente se debe tener en cuenta el comportamiento hidrográfico en todos los meses del año, ya que existen zonas y épocas del año en donde la hidrología de la zona es mucho mejor. Colombia es un país privilegiado ya que en muchas zonas la oferta hídrica que se presenta es viable para el aprovechamiento de este recurso, en términos de cantidad, calidad y regularidad de las precipitaciones.<sup>32</sup>

---

<sup>31</sup> Ing. Reyes María, Ing. Rubio John. (2014). Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias. Proyecto de Grado. Universidad Católica de Colombia, Colombia, P. 19. Obtenido de <http://n9.cl/vwmo>

<sup>32</sup> Ibid., P. 21

**Figura 6.** Recolector de Agua Lluvia



Fuente: Proceso de captación de agua. Periódico Victoria.mx. obtenido de <http://n9.cl/Dbv>

### 7.1.2. Recolección de Aguas Residuales

El proceso es usado en casas o edificios contruidos con este propósito, el fin de este modo de recolección es reutilizar el agua que se usa a diario. En la Figura 7. Se muestra un esquema básico de recolección de aguas residuales para una vivienda.

**Figura 7.** Planta de recolección de agua residual.



Fuente: sistemas de tratamiento de aguas residuales. Obtenido de <http://n9.cl/xlil>

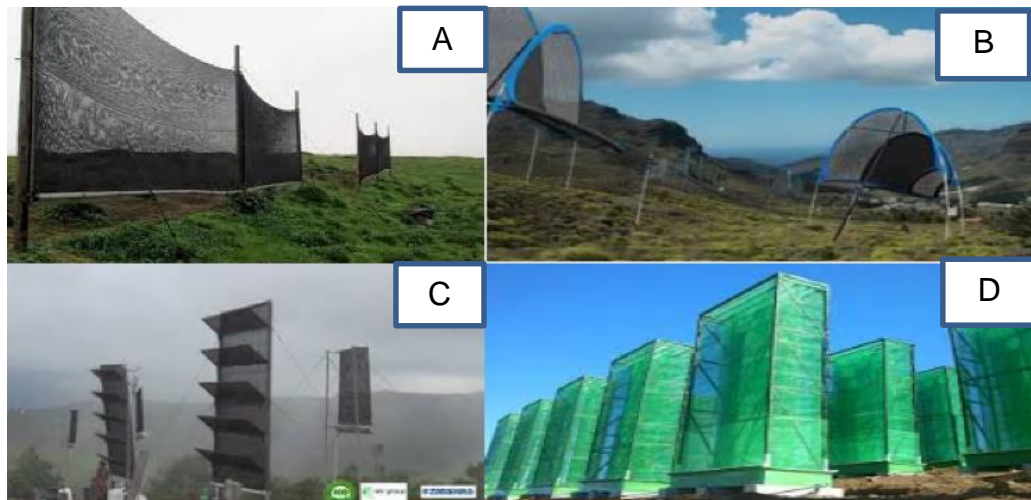
Los costos de implementación de este tipo de sistema son demasiado altos y adicionalmente se deben tener ciertas precauciones y adecuaciones sobre el terreno a intervenir con esta obra.

### 7.1.3. Recolección de Agua Vertical

La recolección de agua vertical optimiza la producción de agua a partir de la recolección de niebla. La mayor parte de la niebla al evaporarse la humedad del suelo, debido a esto se creó el atrapa nieblas en Chile, 1957. Inspirado en escarabajos los cuales pueden recoger y beber agua de la niebla mediante la captura de las gotas que caen en sus cuerpos.<sup>33</sup>

En la Figura 8, se muestra los diferentes tipos de estructura que son acordes al lugar donde sería implementado, se puede observar en la Figura 8 en el segmento A, nos muestra un estructura diseñada para zonas montañosas, en el segmento B, se usa para lugares donde corren fuertes vientos, en el segmento C, esta creado para las geografías boscosas y por último en el segmento D, es uno de los últimos modelos creados con en el que se obtiene más eficiencia de recolección dado que su estructura permite atrapar la neblina en cualquier dirección según corra el viento.

**Figura 8.** Tipos de recolectores de niebla



Fuente: Autores con ayuda de Google Imágenes.

<sup>33</sup> Diseñan colector de neblina que aprovecha la dirección del viento. Unimedios, ciencia & tecnología. (2017). Universidad nacional de Colombia. Obtenido de <http://n9.cl/653e>

Para este método de recolección de agua, se condensa el agua que tiene la neblina en una malla de modo que las gotas que son menos pesadas que el aire son capturadas por la poli sombra y al reunirse una gran cantidad de estas gotas la gravedad las hace bajar por la estructura hasta llegar a una canal que lleva todo el líquido a un tanque.

## **7.2. SISTEMA ELECTRONICO**

El sistema electrónico define toda la parte de comunicación y control dentro de WATER COLLECTOR 1.0, en la transmisión de información la telecomunicación juega un papel muy importante también en el desarrollo de este. Esto se podría ver como la transmisión de datos ya sea por medios magnéticos, fibras ópticas, alambres o cables entre estaciones. Es importante tener en cuenta que estas se rigen mediante las frecuencias y longitudes de onda, las cuales se ubican en el espectro de frecuencia.<sup>34</sup>

### **7.2.1. Sensor de viento**

En el desarrollo del trabajo de grado es de vital importancia la medición de la fuerza del viento, teniendo en cuenta que esto puede afectar en la estructura de recolección de agua. Así mismo se debe tener en cuenta que tipo de sensor de viento es recomendable usar teniendo en cuenta la estructura y fuerza del viento.

En la Tabla 1. Se muestran los distintos tipos de sensores de viento, los cuales darán un preámbulo de cual es óptimo para luego elegir el adecuado en el desarrollo del mismo.

---

<sup>34</sup> Gibilisco, S., & Sclater, N. (1994). *Electrónica: Diccionario Enciclopédico. Tomo 3*. México: McGraw-Hill Interamericana.



**Tabla 1.** Tipos de anemómetro

| Tipo | Anemómetro            | Funcionamiento  | Tipo | Anemómetro    | Funcionamiento   |
|------|-----------------------|---|------|---------------|--|
| 1    | De rotación           | Mide la componente horizontal de la velocidad del viento. Se debe asegurar su calibración para garantizar su fiabilidad. Es una pieza indispensable en el uso de localizaciones de emplazamientos. Además, es muy resistente.   | 5    | De compresión | Consta de un tubo en forma de L, con uno de los extremos orientado en dirección a las corrientes de aire y el otro extremo conectado a un medidor de presión. La diferencia entre las presiones medidas, nos permitirá determinar la velocidad del viento.   |
| 2    | De hélice             | Estos sensores miden la velocidad del viento, pero en cualquier dirección. Su consumo de energía es mínimo, pero a pesar de lo económicos que resultan, son los menos utilizados para mediciones normales, ya que su uso suele asociarse a situaciones complejas de medición.   | 6    | Ultrasónico   | Este tipo de sensor mide, al igual que el estándar, la componente horizontal del viento y además la temperatura virtual acústica, que es la temperatura del aire seco. El inconveniente de este aparato es que tiene un alto consumo, ya que necesita conectarse a una red eléctrica. Su uso más habitual es en meteorología y aviación. |
| 3    | De filamento Caliente | Si en la velocidad del viento se producen cambios bruscos como, por ejemplo, turbulencias, se usa este sensor de viento. Consiste en un hilo de platino o níquel que está calentado eléctricamente: el viento tiende a enfriarlo y así varía su resistencia. Es entonces cuando la corriente que atraviesa el hilo es proporcional a la velocidad del viento. | 7    | Veleta        | La gran mayoría de veletas van equipadas con la opción de calefacción, cuyo control se realiza electrónicamente. Están diseñadas para aplicaciones exigentes de mediciones de viento.  |
| 4    | De empuje             | Están formados por una esfera hueca y ligera o una pala, cuya posición respecto a un punto de suspensión varía con la fuerza del viento, que se mide en un cuadrante. Son los anemómetros menos precisos y su uso se limita a la estimación de la velocidad del viento.   |      |               |  |

Fuente: Autores.

### 7.2.2. Sistema de control.

Para el desarrollo del trabajo de grado, se debe tener un sistema electrónico centralizado o de control que permita realizar la lectura de múltiples variables y a su vez pueda transmitir esa información a una base de datos o cualquier otro medio para su verificación y almacenamiento. Todo esto con un fácil desarrollo y manipulación en su fase de programación.

El objetivo de un sistema de control y tener un control de las salidas en cierta forma determinada, mediante entradas a través de los distintos elementos de un sistema de control.<sup>35</sup>

**Tabla 2.** Comparativo entre sistemas de control

|    | Características            | Sistema de Control |               |            |
|----|----------------------------|--------------------|---------------|------------|
|    |                            | Arduino UNO        | Rasberry pi 3 | PIC16CR58A |
| 1  | Voltaje de Operación       | 5 V                | 5 V           | 5 V        |
| 2  | Voltaje de Entrada         | 7-12 V             | 5-7 V         | 5V         |
| 3  | Cantidad de Pines (In-Out) | 20                 | 40            | 18         |
| 4  | Pines Análogos             | 6                  | -             | 5          |
| 5  | Pines Digitales            | 14                 | -             | 10         |
| 6  | Corriente Continua         | 40 mA              | 1-2.5 A       | 40 mA      |
| 7  | Memoria                    | 32 KB              | Extraíble     | 73 bytes   |
| 8  | SRAM                       | 2 KB               | 1 GB          | 2 KB       |
| 9  | EEPROM                     | 1 KB               | -             | 2 KB       |
| 10 | Frecuencia de Reloj        | 16 MHz             | -             | 20 MHz     |

Fuente: Autores.

En la Tabla 2. Se observa un comparativo entre Arduino UNO, Rasberry pi3 y PIC16CR58A, evaluando sus principales características en términos de numero de puertos, voltajes de operación, memoria de sistema embebido, etc.

### 7.3. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICO

Se entiende por comunicación inalámbrica a las comunicaciones que entre distintos dispositivos intercambian información utilizando el espectro electromagnético,

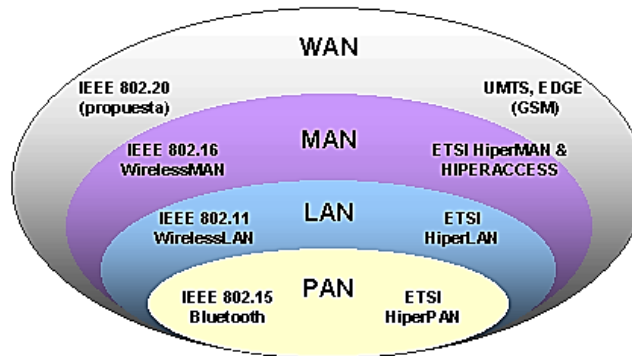
---

<sup>35</sup> Kuo C. Benjamín. Sistemas de control Automático. Ed Pearson. Séptima edición. P, 2.

siendo de corta, media o larga distancia y usando tecnologías de luz infrarroja, microondas o radiofrecuencia.<sup>36</sup>

En la Figura 9. Se muestra el posicionamiento de los estándares Wireless (red inalámbrica).

**Figura 9.** Estándares Wireless



Fuente: Red inalámbrica. Obtenido de <http://n9.cl/5NP>

#### 7.4. PROYECTO SOCIAL

El enfoque principal que se le da a este trabajo de grado es el ámbito social, por esto es importante tener en cuenta las pautas principales para poder realizar un proyecto social. Los trabajos de esta índole se caracterizan por afectar al ser humano y a sus condiciones de vida, deben contemplar lo que ha necesidades básicas del individuo, refiere; orientados a la resolución de problemas, carencias o necesidades, con una visión futura que busque el mejoramiento

Estos proyectos se clarifican en:

- Satisfacción directa de una determinada carencia en base a estándares sociales. Satisfacción indirecta de una necesidad especial.
- Introducir nuevos sistemas productivos para mejorar situaciones sociales.

Introducir tecnologías organizativas para producir cambios en las situaciones sociales.<sup>37</sup>

<sup>36</sup> Blázquez Prieto Josep. Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos. Universitat Oberta de Catalunya. Obtenido de <http://n9.cl/Qxq>

<sup>37</sup> UAL. (2018). Elaboración de proyectos Sociales. Obtenido de <https://goo.gl/AA3FBn>

## 8. EVALUACIÓN DE MODELOS DE CAPTACIÓN PARA EL WATER COLLECTOR 1.0

Existen 3 tipos de atrapa nieblas los cuales fueron estudiados por año de creación, materiales de montaje y ventajas y desventajas, entre otras. En la Tabla 3 se observa una breve descripción de estos 3 atrapa nieblas a estudiar y evaluar para el desarrollo del WATER COLLECTOR 1.0.

**Tabla 3.** Tipos de captadores de niebla

| TIPO DE CAPTADOR | MATERIALES  | RENDIMIENTO          | AÑO CREACIÓN | OBSERVACIONES   |
|------------------|---|----------------------|--------------|---|
| MACRODIAMANTE    | Tubos revestidos con malla tipo raschel   | 3.9 l/m <sup>2</sup> | 1958         | Alta eficiencia de captación presenta una alta auto resistencia de su estructura frente a los fuertes vientos. Alto coste por metro cuadrado de captación.  |
| CILINDRICO       | hilos verticales de polietileno y un bidón de metal   | 4.75 litros de agua  | 1980         | Posee una alta eficiencia por su altura de 2 metros se ve poco afectado por los fuertes vientos   |
| BIDIMENSIONAL    | un par de pilares distanciados a 12m, entre los cuales va dispuesta una malla tipo raschel de 4m de altura y unos tensores de sustentación, además de una canaleta horizontal | 3 l/m <sup>2</sup>   | 1980-1984    | Fácil instalación, bajo coste, autogestión, no consume energía y ofrece una gran alternativa de construcción a partir de materiales alternativos. Reducción del rendimiento a determinadas velocidades del viento, vulnerable frente a determinados fenómenos meteorológicos. |

Fuente: Autores.

Debido a que el terreno otorgado por la institución no es lo suficientemente grande el recolector más viable a usar fue el atrapa nieblas de tipo bidimensional ya que no requiere de mucho espacio, es auto resistente y con un bajo costo, lo cual beneficia para el montaje en la institución.

Lo dicho anteriormente fue solo una previa a la evaluación correspondiente con distintas variables, para la evaluación del sistema físico del WATER COLLECTOR 1.0, se realizó una ponderación para cada sistema, la cual ayudó a determinar los elementos más adecuados para el desarrollo del proyecto.

En la determinación de la ponderación, se tuvo en cuenta el valor de importancia de cada una de las variables que se tuvieron en cuenta, esto con el fin de definir cuál sistema físico sería el más adecuado para integrar al proyecto.

Teniendo en cuenta las distintas variables que se tomaron para cada componente, se asignaron los siguientes valores de importancia, calificados de 1 a 5, donde 1 es la calificación más baja y 5 la calificación mayor o más alta en términos de importancia. Esta calificación se midió en términos de muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, tal y como se observa a continuación:

### **Valor de importancia**

- Muy alto = 5
- Alto = 4
- Medio = 3
- Bajo = 2
- Muy bajo = 1

Teniendo en cuenta la calificación anterior, a cada variable se le otorgó un porcentaje de evaluación, esto para determinar un 100% entre todas las variables a evaluar y tener una ponderación más fácil de entender, en donde el indicador que tenga el mayor porcentaje final será el que mejor se ajuste a las condiciones del trabajo de grado.

Para determinar que componente o elemento a utilizar, se multiplico el valor de importancia a cada variable con el porcentaje de evaluación establecido para dicha variable y luego realizar una sumatoria del total de los resultados obtenidos para determinar cuál de estas es la que mejor se adecua a lo evaluado, tal y como se muestra en la ecuación (1):

$$\text{porcentaje de evaluación} = \sum \text{valor de importancia} \times \text{porcentaje de evaluación} \quad (1)$$

## **8.1. VARIABLES PARA EL ATRAPA NIEBLA**

Se determinaron las siguientes variables para la selección del tipo de recolector de niebla que se ajuste mejor al trabajo de grado, las cuales fueron el rendimiento de colección, estabilidad estructural, tamaño del atrapa nieblas, materiales e instalación. Se evaluaron 2 tipos de atrapa nieblas. Bidimensional y tridimensional, dentro del tridimensional se tendrán en cuenta la estructura macro-diamante y una estructura de tipo cilíndrica, junto con la estructura bidimensional.

### **8.1.1. Rendimiento de colección (L/día).**

El rendimiento de colección es un factor muy importante en las estructuras de los atrapa nieblas, ya que esto determina cuanta cantidad de líquido se recolecta en determinado tiempo, además se debe tener en cuenta las condiciones del viento en la zona y la manera de coleccionar la niebla ya que estos factores son de gran importancia. En Bogotá, el promedio de vientos oscila entre 6.0Km/h y 8.0Km/h, teniendo en cuenta lo anterior, el rendimiento de colección tendrá una importancia del 25%, por lo cual, la estructura que mejor se ajuste al rendimiento de colección tendrá un puntaje de 5, e ira descendiendo la puntuación linealmente a medida que se encuentren valores con poco ajuste.

### **8.1.2. Estabilidad estructural.**

La presión del viento sobre la malla es un factor muy importante para la colección de agua, adicionalmente el terreno en el que se vaya a trabajar con el proyecto influye de gran manera dependiendo del tipo de estructura puede dar gran beneficio o afectar directamente al terreno en el que se esté trabajando. En este caso se tiene una importancia del 15% ya que el sitio en donde se trabajó presentaba sedimentos muy estables. Por lo tanto, se le dio un valor de 5 puntos a las estructuras que tuvieran mayor estabilidad en un espacio más reducido e irá descendiendo la puntuación linealmente.

### **8.1.3. Tamaño del atrapa nieblas.**

El tamaño del atrapa nieblas tiene un valor de importancia del 15%, ya que, dependiendo del tamaño de la malla recolectora, más cantidad de líquido se puede

almacenar, pero a su vez los costos pueden subir ya que el tamaño de la estructura seria mayor. Según lo estipulado se tendrá un área de trabajo de 20 metros cuadrados, por lo tanto, se asignó un valor de 5 puntos para la estructura que se ajuste al área de trabajo indicada e irá descendiendo la puntuación linealmente.

#### 8.1.4. Materiales.

Tiene un valor de importancia del 20%, ya que, dependiendo de la estructura, los materiales a usar son distintos y cada uno tiene un costo variable, se asignó un valor de 5 puntos a la estructura que posea el menor costo en materiales, e ira descendiendo linealmente.

#### 8.1.5. Instalación de la estructura.

Según los tipos de estructuras, la instalación varía debido a su complejidad algunas requieren de instaladores externos y un mantenimiento más constante, por lo tanto, se asignó un valor de 5 puntos a la estructura que se ajuste a los medios de instalación menos rigurosos e ira descendiendo linealmente.

En la Tabla 4. Se observa la ponderación de todas las variables para seleccionar la estructura más adecuada para implementar.

**Tabla 4.** Ponderación Atrapa nieblas

| ATRAPANIEBLAS  |                                |              |                                    |              |                     |              |                  |              |                                    |              |              |
|----------------|--------------------------------|--------------|------------------------------------|--------------|---------------------|--------------|------------------|--------------|------------------------------------|--------------|--------------|
| TIPO           | Rendimiento de Colección (25%) |              | Estabilidad de la Estructura (15%) |              | Tamaño (15%)        |              | Materiales (20%) |              | Instalación de la Estructura (25%) |              | Total (100%) |
| Bidimensional  | 3 L/día                        |              | Resistencia Media                  |              | 20 m <sup>2</sup>   |              | Costo Bajo       |              | Costo Bajo                         |              |              |
|                | $V_i$                          | $V_i * 25\%$ | $V_i$                              | $V_i * 15\%$ | $V_i$               | $V_i * 20\%$ | $V_i$            | $V_i * 20\%$ | $V_i$                              | $V_i * 25\%$ |              |
|                | 2,5                            | 0,625        | 3                                  | 0,45         | 5                   | 0,75         | 5                | 1            | 5                                  | 1,25         | 4,075        |
| Micro Diamante | 3,9 L/día                      |              | Resistencia Alta                   |              | < 20 m <sup>2</sup> |              | Costo Alto       |              | Costo Alto                         |              |              |
|                | 3,0                            | 0,75         | 5                                  | 0,75         | 3                   | 0,45         | 1                | 0,2          | 1                                  | 0,25         | 2,4          |
| Cilíndrico     | 4,75 L/día                     |              | Resistencia Media                  |              | > 20 m <sup>2</sup> |              | Costo Medio      |              | Costo Bajo                         |              |              |
|                | 5,0                            | 1,25         | 3                                  | 0,45         | 2                   | 0,3          | 3                | 0,6          | 2                                  | 0,5          | 3,1          |

Fuente: Autores.

Como se evidencia en la Tabla 4, el recolector de niebla de tipo bidimensional fue aquel que obtuvo el mayor puntaje 4.075, siguiendo la ecuación 1, además del valor de importancia de cada variable y teniendo en cuenta la Tabla 3 en donde se mostró que el atrapa niebla bidimensional era el que mejor se podía ajustar al terreno disponible para el desarrollo del WATER COLLECTOR 1.0, el atrapa niebla bidimensional fue la estructura implementada en la institución educativa de Yomasa.

## **8.2. ELEMENTO CAPTADOR DE AGUA (MALLA)**

La malla, elemento primordial para la captación de niebla, cumple con la función de dar una buena eficiencia de colección y de deposición ya que esta obstruye el paso de la niebla atrapándola dentro de la misma, esto debido a la permeabilidad de la malla y a las características del tejido de la malla. Para esta evaluación se escogió 5 tipos de materiales, los cuales actúan como recolector y a los cuales se evaluó resistencia a la intemperie, coeficiente de sombra, costo y la eficiencia de colección. Estos materiales para recolección fueron la tela quirúrgica, la guata, el costal de fique, el velo y la poli sombra o malla raschel.

### **8.2.1. Resistencia a la Intemperie.**

Tiene un valor de importancia del 30%, ya que el material que se use para recolectar la niebla debe ser duradero y no presentar roturas o desgastes en un buen tiempo, así se reducen costos de mantenimiento. Se le dará un valor de 5 puntos a aquellos materiales que se encuentren entre 2 a 3 años de duración y se irá descendiendo linealmente a medida que estos valores vayan disminuyendo.

### **8.2.2. Coeficiente de sombra (%).**

El coeficiente de sombra es un factor importante (30%) para la captación de niebla ya que mientras el coeficiente sea mayor la obstrucción del paso de la niebla será mayor, las gotas de niebla tienen un diámetro de 1 a 20 $\mu$ m el cual hace que impedir el paso de la niebla sea más difícil. Por ende, se dio un valor de 5 puntos a aquellos



materiales que tengan un coeficiente de sombra de al menos 80% e ira descendiendo linealmente a medida que estos valores vayan disminuyendo.<sup>38</sup>

### **8.2.3. Eficiencia de colección.**

La eficiencia de colección se da en términos de cuánta agua puede recolectar en determinado tiempo, este tiene un valor de importancia del 20% ya que el material que recolecte más liquido es más eficiente en términos de recolección. Se le asignó un valor de 5 puntos a aquellos materiales que sean más eficientes captando niebla e ira descendiendo.

### **8.2.4. Costo (COP).**

A esta variable se le asignó un valor de importancia del 20%, ya que los materiales evaluados son de fácil acceso, se trabajó con un costo promedio de \$10.000 COP por metro de cada material cotizado. Se dio un valor de 5 puntos al material que más bajo costo tenga por metro e ira descendiendo a medida que el precio del material vaya aumentando.

En la Tabla 5. Se muestra la ponderación de las 4 variables evaluadas para determinar cuál de estas es la más indicada para el montaje en el atrapa nieblas, para la variable de eficiencia de colección de agua 3 de las 4 variables no tienen una eficiencia de colección ya que no hay registros de que estén destinadas también para almacenar o captar agua en distintas formas. Debido a esto se otorgó un valor de evaluación de 1 y se dejó un registro de sin especificar. Adicionalmente con el costo de fique ya que es un material biodegradable se otorgó un tiempo de vida útil de 5 años máximo, aunque podría biodegradar en menos tiempo.

---

<sup>38</sup> Cereceda pilar, Hernandez Pedro, Leiva Jorge, Rivera Juan de Dios. (2011 - 2014). Agua de niebla. Nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas.

**Tabla 5.** Ponderación tipo de malla recolectora

| MALLA RECOLECTORA |                                   |     |                             |     |                               |     |             |     |              |
|-------------------|-----------------------------------|-----|-----------------------------|-----|-------------------------------|-----|-------------|-----|--------------|
| MATERIAL          | Resistencia a la intemperie (30%) |     | Coeficiente de sombra (30%) |     | Eficiencia de coleccion (20%) |     | costo (20%) |     | Total (100%) |
| Tela Quiurgica    | no apta                           |     | < 80%                       |     | Sin especificar               |     | \$800 (1m)  |     |              |
|                   | 1                                 | 0,3 | 2                           | 0,6 | 1                             | 0,2 | 5           | 1   | 2,1          |
| Guata             | 2 años                            |     | < 80%                       |     | Sin especificar               |     | \$7500 (1m) |     |              |
|                   | 3                                 | 0,9 | 2                           | 0,6 | 1                             | 0,2 | 2           | 0,4 | 2,1          |
| Costal de Fique   | 5 años                            |     | < 80%                       |     | Sin especificar               |     | 24000       |     |              |
|                   | 5                                 | 1,5 | 3                           | 0,9 | 1                             | 0,2 | 1           | 0,3 | 2,9          |
| Velo              | indefinida                        |     | < 80%                       |     | Sin especificar               |     | \$9000 (1m) |     |              |
|                   | 2                                 | 0,6 | 4                           | 1,2 | 1                             | 0,2 | 1           | 0,2 | 2,2          |
| polisombra        | 2-4 años                          |     | 80%                         |     | 3.0 L/día                     |     | \$6000 (1m) |     |              |
|                   | 4                                 | 1,2 | 5                           | 1,5 | 5                             | 1   | 3           | 0,6 | 4,3          |

Fuente: Autores.

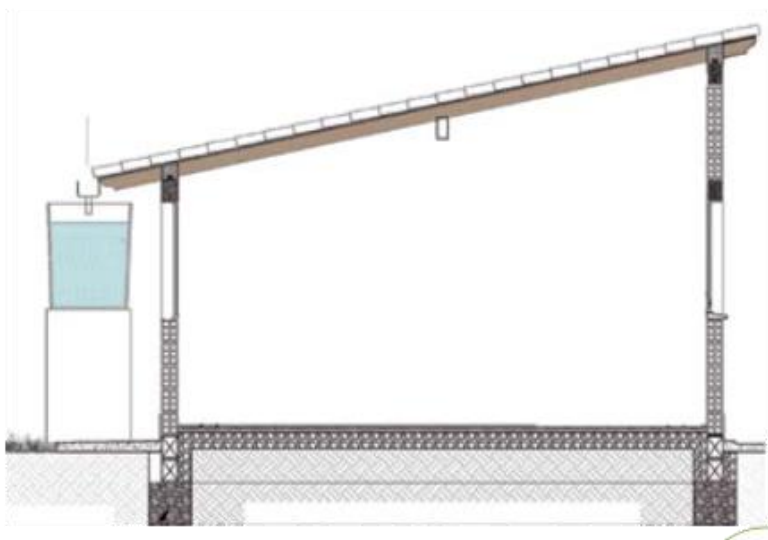
Por la puntuación obtenida en la Tabla 5 y siguiendo la ecuación (1). Se determinó que el mejor material para implementar en la estructura del atrapa nieblas es la malla poli sombra o malla raschel al 80% con un puntaje de 4.3, la cual tiene una excelente capacidad de captación de niebla y una bueno eficiencia de recolección por día.

### 8.3. RECOLECTOR DE AGUA LLUVIA (HORIZONTAL)

La recolección de agua horizontal es recolectar agua lluvia y almacenarla para su uso correspondiente, como se mencionó anteriormente se desarrolló un recolector de agua vertical y otro de agua horizontal, los cuales almacenaran el líquido y se usara en una huerta formada por los estudiantes de la Universidad Católica de Colombia y los estudiantes asignados al proyecto por parte del colegio Ofelia Uribe de Acosta.

Para recolectar el agua lluvia se implementó un sistema a través de un tejado, simulando el tejado de una casa común y corriente y por medio de unas canaletas y un tanque para almacenar el líquido se obtiene toda el agua lluvia que sea posible captar a través de este simple sistema. La Figura 10 muestra un esquema básico de cómo se realizó el procedimiento.

**Figura 10.** Ejemplo recolector de agua lluvia



Fuente: Fundación secretos para contar, recolección de agua lluvia, obtenido de:  
<https://bit.ly/2QSIZYn>

## **9. EVALUACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN Y HORTALIZAS PARA EL WATER COLLECTOR 1.0**

Para la evaluación del sistema de instrumentación del WATER COLLECTOR 1.0, se realizó una ponderación para cada sistema, la cual ayudó a determinar los elementos más adecuados para el desarrollo del trabajo de grado.

En la determinación de la ponderación, se tuvo en cuenta el valor de importancia de cada una de las variables, esto con el fin de definir cuál tipo de tecnología sería el más adecuado para integrar al proyecto.

Teniendo en cuenta las distintas variables que se tomaron para cada componente, se asignaron los siguientes valores de importancia, calificados de 1 a 5, donde 1 es la calificación más baja y 5 la calificación mayor o más alta en términos de importancia. Esta calificación se midió en términos de muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, tal y como se observa a continuación:

### **Valor de importancia**

- Muy alto = 5
- Alto = 4
- Medio = 3
- Bajo = 2
- Muy bajo = 1

Teniendo en cuenta la calificación anterior, a cada variable se le otorgó un porcentaje de evaluación, esto para determinar un 100% entre todas las variables a evaluar y tener una ponderación más fácil de entender siguiendo la ecuación (1) antes mencionada, en donde el indicador que tenga el mayor porcentaje final será el que mejor se ajuste a las condiciones del proyecto.

### **9.1. PLACA PARA EL PROCESAMIENTO DE SEÑALES**

El WATER COLLECTOR 1.0 se caracteriza por manejar una comunicación de tipo inalámbrica, esta variable es sin duda la más importante a la hora de evaluar las placas de comunicación, adicionalmente debido a que el proyecto manejó un ámbito social, la placa a trabajar tiene que ser de fácil manipulación y entendimiento para los estudiantes de la institución y que cumpla con la compatibilidad con todos los componentes electrónicos usados, en lo posible sin tener que usar complementos extras que compliquen el diseño tecnológico.

Se tomaron las variables que todas las placas evaluadas tuvieran en común para poder generar la evaluación correctamente, como lo son el número de pines de entrada y salida, la comunicación de tipo inalámbrica, protocolos de comunicación, procesamiento de datos, el costo, entre otros y a cada variable se le otorgo un porcentaje de importancia del 10% respectivamente. A continuación, se muestran los distintos parámetros con los que cumplen la mayoría de las placas, asignándoles valores de 1 a 5 en términos de importancia, en donde 5 es la calificación más alta y 1 la calificación más baja:

#### **9.1.1. Pines para salida y entrada de datos**

Tiene un valor del 10%, ya que no es amplia la cantidad de pines a utilizar, pero aun así no se está exento de usarlos en algún instante. Se le asignó un valor de 5 puntos a aquellas placas que tengan mayor cantidad de pines, e ira descendiendo a medida que este valor disminuya.

#### **9.1.2. Comunicación inalámbrica**

Como se mencionó anteriormente la comunicación inalámbrica es una variable importante para el desarrollo del trabajo de grado, ya que esta permite enviar los datos de manera inalámbrica, por esto tiene un valor del 10%. Se asignó un valor de 5 puntos a aquellas placas que tuvieran comunicación inalámbrica principalmente con el protocolo IEEE 802.11.

#### **9.1.3. Dos o más protocolos de comunicación inalámbrica**

Teniendo en cuenta que existen placas que incluyen la comunicación de dos o más protocolos se determinó para esta variable un valor igualmente del 10%, ya que con una placa que cuente con dos o más protocolos de comunicación se podrá mejorar la apropiación en tecnologías para los estudiantes del Colegio Ofelia Uribe de Acosta. Se asignó un valor de 5 puntos a las placas que contaran con 2 o más protocolos de comunicación inalámbrica, y 1 a aquellas que no.

#### **9.1.4. Procesamiento de datos**

El procesamiento de datos es un factor muy importante para la eficiencia de un dispositivo electrónico, esto determina la mejora de tiempos en la ejecución de los distintos procesos que la placa este realizando en determinado momento, teniendo en cuenta esto, se dio un valor de importancia del 10% ya esto influye grandemente en la eficiencia del dispositivo. Se asignó un valor de 5 puntos a aquellas placas que cuenten con un mejor procesamiento de datos, bien sea por mejores núcleos o por la inclusión de 2 o más núcleos de procesamiento.

En la Tabla 6. Se muestra la ponderación entre 4 placas evaluadas y con las variables previstas anteriormente.

**Tabla 6.** Ponderación de placas de procesamiento de datos

| PROCESAMIENTO Y ENVÍO DE SEÑALES    |                      |              |                      |              |                         |              |                         |              |
|-------------------------------------|----------------------|--------------|----------------------|--------------|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| REFERENCIA                          | Arduino UNO          |              | ESP8266 nodeMCU      |              | Raspberry pi 3          |              | ESP32                   |              |
| V. de alimentación (V)<br>(10%)     | $V_i$                | $V_i * 10\%$ | $V_i$                | $V_i * 10\%$ | $V_i$                   | $V_i * 10\%$ | $V_i$                   | $V_i * 10\%$ |
|                                     | 5-12 V               |              | 5 V                  |              | 5 V                     |              | 3,3 V                   |              |
|                                     | 5                    | 0,5          | 5                    | 0,5          | 5                       | 0,5          | 4                       | 0,4          |
| corriente (mA) (10%)                | 40                   |              | 80                   |              | 2500                    |              | 120                     |              |
|                                     | $V_i$                | $V_i * 10\%$ | $V_i$                | $V_i * 10\%$ | $V_i$                   | $V_i * 10\%$ | $V_i$                   | $V_i * 10\%$ |
|                                     | 5                    | 0,5          | 5                    | 0,5          | 1                       | 0,1          | 3                       | 0,3          |
| Precio (\$) (10%)                   | \$25.000             |              | \$19.000             |              | \$159.000               |              | \$36.000                |              |
|                                     | $V_i$                | $V_i * 10\%$ | $V_i$                | $V_i * 10\%$ | $V_i$                   | $V_i * 10\%$ | $V_i$                   | $V_i * 10\%$ |
|                                     | 5                    | 0,5          | 5                    | 0,5          | 2                       | 0,2          | 3                       | 0,3          |
| Lugar de venta (10%)                | Colombia             |              | Colombia             |              | Colombia                |              | Colombia                |              |
|                                     | $V_i$                | $V_i * 10\%$ | $V_i$                | $V_i * 10\%$ | $V_i$                   | $V_i * 10\%$ | $V_i$                   | $V_i * 10\%$ |
|                                     | 5                    | 0,5          | 5                    | 0,5          | 5                       | 0,5          | 5                       | 0,5          |
| Tamaño L*A*A (mm)<br>(10%)          | 80*50,5*20,5         |              | 40,8*20,5*10,89      |              | 85*56*17                |              | 40,8*21,5*10,89         |              |
|                                     | $V_i$                | $V_i * 10\%$ | $V_i$                | $V_i * 10\%$ | $V_i$                   | $V_i * 10\%$ | $V_i$                   | $V_i * 10\%$ |
|                                     | 4                    | 0,4          | 4                    | 0,4          | 3                       | 0,3          | 4                       | 0,4          |
| Pines (10%)                         | 20                   |              | 17                   |              | 27                      |              | 22                      |              |
|                                     | $V_i$                | $V_i * 10\%$ | $V_i$                | $V_i * 10\%$ | $V_i$                   | $V_i * 10\%$ | $V_i$                   | $V_i * 10\%$ |
|                                     | 5                    | 0,5          | 2                    | 0,2          | 5                       | 0,5          | 4                       | 0,4          |
| Comunicación inalámbrica<br>(20%)   | NO                   |              | SI                   |              | SI                      |              | SI                      |              |
|                                     | $V_i$                | $V_i * 20\%$ | $V_i$                | $V_i * 20\%$ | $V_i$                   | $V_i * 20\%$ | $V_i$                   | $V_i * 20\%$ |
|                                     | 2                    | 0,2          | 5                    | 0,5          | 5                       | 0,5          | 5                       | 0,5          |
| 1 o más protocolos de<br>com. (10%) | SI                   |              | SI                   |              | SI                      |              | SI                      |              |
|                                     | $V_i$                | $V_i * 10\%$ | $V_i$                | $V_i * 10\%$ | $V_i$                   | $V_i * 10\%$ | $V_i$                   | $V_i * 10\%$ |
|                                     | 5                    | 0,5          | 5                    | 0,5          | 5                       | 0,5          | 5                       | 0,5          |
| Procesamiento de datos<br>(10%)     | Un núcleo de 32 bits |              | Un núcleo de 32 bits |              | Doble núcleo de 64 bits |              | Doble núcleo de 32 bits |              |
|                                     | $V_i$                | $V_i * 10\%$ | $V_i$                | $V_i * 10\%$ | $V_i$                   | $V_i * 10\%$ | $V_i$                   | $V_i * 10\%$ |
|                                     | 5                    | 0,5          | 4                    | 0,4          | 3                       | 0,3          | 2                       | 0,2          |
| TOTAL (100%)                        | 4,1                  |              | 4                    |              | 3,4                     |              | 4                       |              |

Fuente: Autores.

Por la puntuación obtenida en la Tabla 6. Se determinó que la mejor placa para el procesamiento y envío de datos es el Arduino UNO con un puntaje de 4.1, ya que cumple con la mayoría de las variables propuestas para la calificación de este, además como es un proyecto de ámbito social el Arduino UNO es el que más se ajusta a las condiciones para la enseñanza de los estudiantes del semillero y para su procesamiento de datos de forma inalámbrica se le puede ajustar el módulo ESP8266 el cual solo se debe configurar con una librería para su uso.

## **9.2. SENSORES**

Los sensores permiten la recolección de información para los datos físicos, químicos o ambientales, en este caso se evaluaron variables como el flujo del agua, fuerza del viento, humedad del suelo y el nivel del agua recolectada.

### **9.2.1. Sensor de flujo**

Se evaluaron para los sensores los mismos parámetros para que se dé una ponderación más exacta a la hora de elegir el mejor sensor en cada caso. A cada variable se le asignó un valor de 5 puntos cuando cumple con las especificaciones requeridas y un valor de 1 punto a la que no cumpla con lo requerido.

#### **9.2.1.1. Voltaje de alimentación**

Este valor determina si es necesario usar algún otro módulo para alimentar los equipos usados, por tanto, tiene un valor de 25%. Se otorgó un valor de 5 puntos a aquellos sensores que tengo un voltaje de aproximadamente 3.3 – 5 V, el cual es el voltaje que suministra el módulo, e ira disminuyendo a medida que el voltaje aumente.

#### **9.2.1.2. Amplitud de flujo**

Con esta variable se puede saber cuánto flujo de agua está pasando en determinado punto en donde se instale el sensor, ya que el flujo no es muy grande se tendrá en cuenta el sensor que tengo una amplitud de caudal entre 1LPM y 30LPM, se otorgó un valor de 5 puntos a los que estén en dicho rango e ira disminuyendo a medida que vayan aumentando.

#### **9.2.1.3. Costo (COP)**

Se le asignó un valor de importancia del 25%, ya que el costo del sensor puede influir en los tiempos de compra y de instalación, generando retrasos en el



cronograma. Se dio un valor de 5 puntos a los sensores que tuvieran menor costo y un valor de 1 punto al más costoso.

#### 9.2.1.4. Acople con Arduino UNO

A esta variable se le otorgo un valor de 25%, ya que es necesario saber si la instrumentación necesita de librerías para el funcionamiento con el Arduino UNO o si son compatibles para la integración con la plataforma de Arduino IDE. A los sensores que sean compatibles se les otorgo un valor de 5 puntos y se dio un valor de 1 punto a los que no sean compatibles con Arduino.

En la Tabla 7. Se muestra la ponderación de los 3 tipos de sensores de flujo (pistón, paleta, elevación) evaluados, cada uno con las variables previstas anteriormente.

**Tabla 7.** Ponderación sensor de flujo

| SENSOR DE FLUJO               |           |              |                       |              |                      |              |
|-------------------------------|-----------|--------------|-----------------------|--------------|----------------------|--------------|
| TIPO                          | De pistón |              | De paleta (compuerta) |              | De elevación (tapón) |              |
| V. de alimentación (V) (25%)  | $V_i$     | $V_i * 25\%$ | $V_i$                 | $V_i * 25\%$ | $V_i$                | $V_i * 25\%$ |
|                               | 5 - 18V   |              | 24 V                  |              | 24 V                 |              |
|                               | 5         | 1,25         | 3                     | 0,75         | 3                    | 0,75         |
| Amplitud de flujo (LPM) (25%) | 0,5 - 20  |              | 15,1 - 37,8           |              | 1,5 - 20             |              |
|                               | $V_i$     | $V_i * 25\%$ | $V_i$                 | $V_i * 25\%$ | $V_i$                | $V_i * 25\%$ |
|                               | 5         | 1,25         | 4                     | 1            | 3                    | 0,75         |
| Costo (\$) (25%)              | \$ 18.000 |              | \$ 50.000             |              | \$ 30.000            |              |
|                               | $V_i$     | $V_i * 25\%$ | $V_i$                 | $V_i * 25\%$ | $V_i$                | $V_i * 25\%$ |
|                               | 5         | 1,25         | 5                     | 1,25         | 1                    | 0,25         |
| Acople con Arduino (25%)      | SI        |              | NO                    |              | NO                   |              |
|                               | $V_i$     | $V_i * 25\%$ | $V_i$                 | $V_i * 25\%$ | $V_i$                | $V_i * 25\%$ |
|                               | 5         | 1,25         | 1                     | 0,25         | 1                    | 0,25         |
| TOTAL (100%)                  | 5         |              | 3,25                  |              | 2                    |              |

Fuente: Autores.

Con un puntaje total de 5 el sensor de pistón fue es que mejor se adaptó las variables a evaluadas, tal y como se muestra en la Tabla 7.

### **9.2.2. Sensor de humedad**

Este sensor tiene como finalidad medir la humedad que se encuentra en el suelo, esto con el fin de determinar que el cultivo se encuentre en óptimas condiciones de humedad y poder controlar la humedad, ya que debido al clima puede que la humedad del suelo cambie de un momento a otro.

#### **9.2.2.1. Acople con Arduino UNO**

Es de vital importancia que el sensor de humedad elegido se pueda integrar con Arduino UNO, ya que es la placa de comunicación que fue elegida, a esta variable se le otorgo un valor de 20%, ya que es necesario saber si la instrumentación necesita de librerías para el funcionamiento con el Arduino UNO o si son compatible para la integración con la plataforma de Arduino IDE. A los sensores que sean compatibles se les otorgo un valor de 5 puntos y se dio un valor de 1 punto a los que no sean compatibles con Arduino UNO.

#### **9.2.2.2. Rango de medición**

Se le otorgó un valor de 15% ya que mientras mejores rangos de medición de humedad tengan será más precisa la medición, además se tuvo en cuenta que el sensor debe ser para humedad del suelo, no del ambiente. Se le dará un valor de 5 puntos a los que cumplan con un rango de medición de 0 – 100 aproximadamente y se irá disminuyendo de forma lineal a los que no cumplan con ese rango de medición.

En la Tabla 8. Se muestra la ponderación de 6 tipos de sensores de humedad evaluados, en los cuales se tuvieron en cuenta las variables propuestas y otras importantes como, voltaje de alimentación, corriente y cantidad de variables que pueden medir.

**Tabla 8.** Ponderación sensor de humedad

| SENSOR DE HUMEDAD |                               |              |                    |              |                             |              |                                 |              |                           |              |              |
|-------------------|-------------------------------|--------------|--------------------|--------------|-----------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|---------------------------|--------------|--------------|
| SENSOR            | Voltaje de alimentación (25%) |              | Corriente mA (25%) |              | Cantidad de variables (15%) |              | Acople con Raspberry PI 3 (20%) |              | Rango de medición % (15%) |              | Total (100%) |
|                   | $V_i$                         | $V_i * 25\%$ | $V_i$              | $V_i * 25\%$ | $V_i$                       | $V_i * 15\%$ | $V_i$                           | $V_i * 20\%$ | $V_i$                     | $V_i * 15\%$ |              |
| HR202L            | 1.5                           |              | 130                |              | 1                           |              | Si                              |              | 20 - 90                   |              |              |
|                   | 0,0                           | 0,0          | 2,0                | 0,5          | 5,0                         | 0,8          | 5,0                             | 1,0          | 4,0                       | 0,6          | 2,9          |
| DTH-11            | 3 - 5.1                       |              | 300                |              | 2                           |              | Si                              |              | 20 - 90                   |              |              |
|                   | 2,0                           | 0,5          | 1,0                | 0,3          | 2,5                         | 0,4          | 5,0                             | 1,0          | 4,0                       | 0,6          | 2,7          |
| HIH-4000-002      | 4 - 5.8                       |              | 0.5                |              | 1                           |              | Si                              |              | 50 - 100                  |              |              |
|                   | 1,0                           | 0,3          | 5,0                | 1,3          | 5,0                         | 0,8          | 5,0                             | 1,0          | 0,0                       | 0,0          | 3,3          |
| AM2320            | 3.1 - 5.5                     |              | 20                 |              | 2                           |              | Si                              |              | 0 - 99.9                  |              |              |
|                   | 3,5                           | 0,9          | 4,5                | 1,1          | 2,5                         | 0,4          | 5,0                             | 1,0          | 4,5                       | 0,7          | 4,1          |
| Higrómetro YL-69  | 2 - 6                         |              | 35                 |              | 1                           |              | Si                              |              | 0 - 950                   |              |              |
|                   | 5,0                           | 1,3          | 4,0                | 1,0          | 5,0                         | 0,8          | 5,0                             | 1,0          | 4,5                       | 0,7          | 4,7          |
| DHT22             | 3.3 - 6                       |              | 1500               |              | 2                           |              | Si                              |              | 0 - 100                   |              |              |
|                   | 3,7                           | 0,9          | 0,0                | 0,0          | 2,5                         | 0,4          | 5,0                             | 1,0          | 5,0                       | 0,8          | 3,1          |

Fuente: Autores.

Con un puntaje de 4.7, siguiendo la ecuación (1) y siendo superior a los otros 5 tipos de sensores evaluados, el sensor de humedad YL-69 fue el que mejor cumplió con las variables propuestas para la ponderación.

### 9.2.3. Sensor de nivel

Con el sensor de nivel se tuvo en cuenta el control del llenado de los tanques a la hora de que los recolectores envíen el agua hacia ellos, para esto no es necesario de un sensor que este constantemente midiendo que tan lleno está el tanque o que tan vacío lo está, lo que se necesita es que se tenga una medición cuando el tanque este vacío, medio lleno y lleno, para esto se evaluaron las siguientes condiciones y variables.

#### 9.2.3.1. Voltaje de trabajo

Es necesario que el sensor usado maneje un voltaje de trabajo de entre 3.3V a 5V ya que los pines del Arduino UNO manejan esa tensión en sus puertos, se otorgó un valor de importancia del 40% y se evaluara con 5 puntos para el sensor que

cumpla con ese voltaje de trabajo e ira disminuyendo a medida que el voltaje sea mayor.

### 9.2.3.2. Grado de protección IP

Este grado de protección es un estándar a la norma internacional CEI 60529, este grado de protección se usa para sensores, medidores, entre otras. Para este caso como el sensor tendrá contacto con líquido (agua) el mínimo de protección que deberá tener el sensor será de tipo IP66, ya que este protege de polvo y de chorros de agua muy potentes. Por lo cual se otorgó un valor de 5 puntos para el sensor que cumpla con este grado de protección y un valor de 1 punto a los que tengan un grado de protección menor. Esta variable se le otorgó un valor de importancia del 30%.

### 9.2.3.3. Temperatura de trabajo

La temperatura de trabajo tiene una importancia del 30% ya que por los constantes cambio de temperatura el contenedor en donde estará el sensor de nivel puede cambiar drásticamente de temperatura, como puede que sea una temperatura alta, como puede ser una temperatura demasiado baja, por ende, se le otorgó un valor de 5 puntos a los sensores que manejen un rango de temperatura de mínimo -10°C y un mayor de 90°C e ira disminuyendo a medida que el rango de temperatura baje.

En la Tabla 9 se muestra la evaluación de las variables propuestas en donde se determinó que el sensor más adecuado es el sensor flotador el cual cumplió con la mayor parte del puntaje (4,7).

**Tabla 9.** Evaluación sensor de nivel

| SENSOR          | VOLTAJE DE TRABAJO (40%) |              | GRADO DE PROTECCIÓN (30%) |              | TEMPERATURA DE TRABAJO (30%) |              | TOTAL (100%) |
|-----------------|--------------------------|--------------|---------------------------|--------------|------------------------------|--------------|--------------|
|                 | $V_i$                    | $V_i * 40\%$ | $V_i$                     | $V_i * 30\%$ | $V_i$                        | $V_i * 30\%$ |              |
| LC36M-40        | 110-220V                 |              | IP66                      |              | (-)10°C a 80°C               |              | 3,1          |
|                 | 1                        | 0,4          | 5                         | 1,5          | 4                            | 1,2          |              |
| SENSOR FLOTADOR | 5v                       |              | IP66                      |              | 0-80°C                       |              | 4,7          |
|                 | 5                        | 2            | 5                         | 1,5          | 4                            | 1,2          |              |

Fuente: Autores

#### **9.2.4. Hortalizas**

Las siguientes variables fueron las que se tuvieron en cuenta a la hora de realizar la evaluación, teniendo en cuenta variables físicas, químicas y climáticas las cuales influyen en el crecimiento y desarrollo de todo el cultivo, teniendo en cuenta que el suelo en donde se desarrolló la huerta es un suelo tipo arcilloso y no cualquier hortaliza se da en dicho terreno.

##### **9.2.4.1. Humedad relativa (%)**

Este es una variable muy importante debido a que, si la humedad es muy alta o baja para la planta que se esté cultivando puede generar daños en la planta, tanto en sus hojas como en el tallo. En Bogotá la humedad relativa oscila entre 60% y 80%, se le otorgó una importancia del (10%) y un valor de 5 puntos a las plantas que estén en ese rango con su humedad relativa e ira bajando linealmente dependiendo del porcentaje de humedad de cada planta.

##### **9.2.4.2. Separación del sembrado (cm)**

La separación del sembrado determina cuantas plantas se pueden sembrar en determinado espacio de cultivo, para este caso se otorgó un valor (10%) y se le dará un valor de 5 puntos a las plantas con menor separación de sembrado e ira bajando a medida que la separación aumente entre cada planta.

##### **9.2.4.3. Germinación de las semillas**

La germinación juega un papel muy importante en la evaluación de las plantas ya que, debido al cronograma de actividades propuesto, es necesario que la semilla a germinar se demore máximo 5 días para que del brote. Debido a este se otorgó un valor de importancia del (20%) y un valor de 5 puntos a las plantas que estén en ese rango de germinación de semilla e ira disminuyendo el valor a las que tengan un mayor tiempo de germinación.

#### **9.2.4.4. Temperatura de germinación (°C)**

En la ciudad de Bogotá la temperatura promedio esta entre 8°C y 21°C, por lo tanto, la planta debe tener una temperatura de germinación en este rango. Se le otorgo un valor de importancia del (20%) y un valor de 5 puntos a las plantas que se encuentren en este rango de temperatura de germinación y las que no cumplan tendrán un valor de 1 punto.

En la Tabla 10 se muestra la evolución de las variables antes propuestas, adicionalmente se tuvieron en cuenta variables como la profundidad de siembra, si es necesario sembrarlo en semillero antes y el diámetro promedio de la planta a sembrar. Con estas variables se realizó la ponderación para 5 tipos de hortalizas las cuales son la cebolla, el puerro, los ajos, la espinaca y la acelga, las cuales se adecuan al tipo de suelo que se tiene en el cultivo, el cual es un suelo de tipo arcilloso.

**Tabla 10.** Evaluación de hortalizas

| Nombre                                    | Cebolla        |                      | Puerro         |                      | Ajos           |                      | Espinaca       |                      | Acelga         |                      |
|---|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|
| Humedad Relativa (%) (10%)                | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% |
|   | 70 - 75        |                      | 90 - 95        |                      | 70             |                      | 60 - 90        |                      | 60 - 90        |                      |
|   | 5,0            | 0,5                  | 2,0            | 0,2                  | 3,0            | 0,3                  | 4,0            | 0,4                  | 4,0            | 0,4                  |
| Separación del sembrado (cm) (10%)        | 15             |                      | 15             |                      | 15             |                      | 10             |                      | 8              |                      |
|   | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% |
|   | 3,0            | 0,3                  | 3,0            | 0,3                  | 3,0            | 0,3                  | 4,0            | 0,4                  | 5,0            | 0,5                  |
| Germinación de las semillas (días) (20%)  | 4 o 6          |                      | 4 o 6          |                      | 4 o 6          |                      | 4 o 6          |                      | 7 o 10         |                      |
|   | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 20% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 20% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 20% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 20% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 20% |
|   | 5,0            | 1,0                  | 5,0            | 1,0                  | 5,0            | 1,0                  | 5,0            | 1,0                  | 2,0            | 0,4                  |
| Temperatura de germinación (°C) (20%)     | 13° - 28°      |                      | 15° - 22°      |                      | 15° - 22°      |                      | 15° - 20°      |                      | 25° - 30°      |                      |
|   | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 20% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 20% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 20% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 20% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 20% |
|   | 5,0            | 1,0                  | 4,0            | 0,8                  | 4,0            | 0,8                  | 4,0            | 0,8                  | 2,0            | 0,4                  |
| Profundidad de siembra (cm) (20%)         | 0,5 o 1        |                      | 0,5 o 1        |                      | 1 o 2          |                      | 1 o 2          |                      | 1 o 2          |                      |
|   | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 20% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 20% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 20% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 20% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 20% |
|   | 5,0            | 1,0                  | 5,0            | 1,0                  | 4,0            | 0,8                  | 4,0            | 0,8                  | 4,0            | 0,8                  |
| Siembra inicial en semillero (10%)        | SI             |                      | SI             |                      | NO             |                      | NO             |                      | NO             |                      |
|   | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% |
|   | 5,0            | 0,5                  | 5,0            | 0,5                  | 3,0            | 0,3                  | 3,0            | 0,3                  | 3,0            | 0,3                  |
| Diámetro promedio de la planta (cm) (10%) | 5 o 6          |                      | 5              |                      | 3 o 8          |                      | 10             |                      | 15             |                      |
|   | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% | V <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> * 10% |
|   | 4,0            | 0,4                  | 4,0            | 0,4                  | 3,0            | 0,3                  | 2,0            | 0,2                  | 1,0            | 0,1                  |
| TOTAL                                     | 5              |                      | 4              |                      | 3,80           |                      | 3,90           |                      | 2,90           |                      |

Fuente: Autores.

Teniendo en cuenta la ecuación (1), los resultados de la Tabla 10 y con un valor total de 5 puntos, la cebolla fue la que obtuvo mayor puntaje en la evaluación de las variables propuestas, así que esta fue la hortaliza sembrada en el cultivo para aprovechar el agua recolectada por los captadores.

Teniendo en cuenta lo anterior, el resultado encontrado en las tablas de la 4 a la 10 fue se muestra en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Resultado en la ponderación

| ELEMENTOS         | NOMBRE DEL ELEMENTO         | ILUSTRACIÓN   |
|-------------------|-----------------------------|---|
| PLACA             | Arduino UNO                 |    |
| SENSOR DE CAUDAL  | SENSOR DE PISTON            |   |
| SENSO RDE HUMEDAD | SENSOR YL-69<br>(resistivo) |  |
| SENSOR DE NIVEL   | SENSOR DE NIVEL             |  |



|            |   |   |
|------------|---|---|
| ESTRUCTURA | ATRAPANIEBLA<br>BIDIMENSIONAL               |    |
| MALLA      | POLISOMBRA RASCHEL<br>80%                   |    |
| ESTRUCTURA | RECOLECTOR DE<br>AGUA LLUVIA TIPO<br>TEJADO |   |
| HORTALIZA  | CEBOLLA CABEZONA<br>ROJA                    |  |

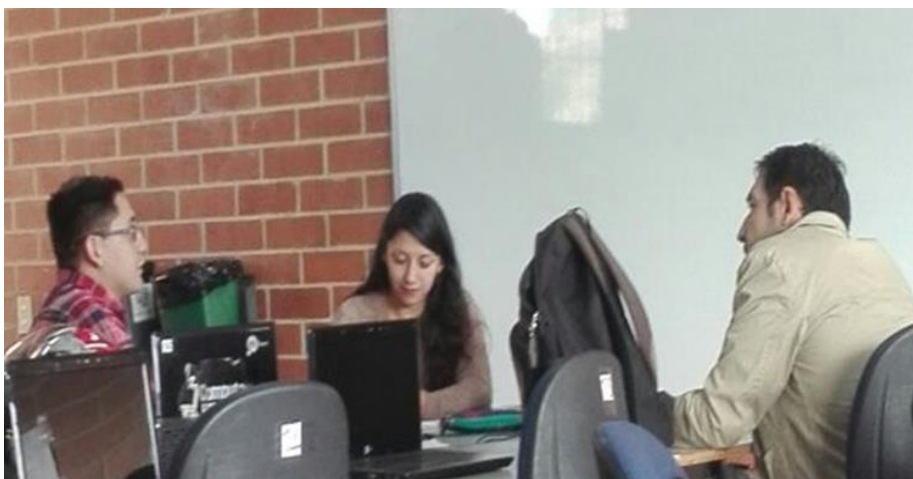
Fuente: Autores, con ayuda de Google imágenes.

## **10. APROPIACIÓN SOCIAL Y TECNOLÓGICA EN EL USO DE RECURSOS RENOVABLES PARA EL COLEGIO OFELIA URIBE DE ACOSTA**

### **10.1. DIVULGACIÓN DEL PROYECTO WATER COLLECTOR 1.0**

La Universidad Católica de Colombia dentro del espacio de responsabilidad social involucra los proyectos comprendidos en el programa institucional que se realiza en Yomasa, localidad de Usme dentro de los cuales están asociados con el colegio Ofelia Uribe de Acosta, centro social pastoral Champagnat, parroquia el señor del monte de Galilea, entre otros. En este caso el desarrollo del WATER COLLECTOR 1.0 se propuso en el colegio Ofelia Uribe de Acosta, este trabajo de grado se presentó a los altos directivos de la institución y maestros encargados del área de semilleros de la institución, debido a que ellos son los encargados de divulgar la propuesta frente a toda la comunidad estudiantil y toda el área de semilleros que maneja la institución (ver figura 11).

**Figura 11.** Presentación del WATER COLLECTOR 1.0 a las directivas de la institución, colegio Ofelia Uribe de Acosta.



Fuente: Autores.

Con el aval dado por los directivos de la institución se logró conformar un grupo del semillero que la institución maneja, los cuales estaban interesados en el desarrollo de los objetivos propuestos dentro del trabajo de grado llamado WATER COLLECTOR 1.0, permitiéndoles a estos estudiantes la participación en todas las

actividades, además de incentivar y generar un gran interés en la utilización de recursos renovables aplicados a las tecnologías.

En la presentación general del WATER COLLECTOR 1.0 a los estudiantes, se les explicó breve y sencillamente los objetivos propuestos para el desarrollo de este y a su vez una explicación sencilla sobre las tecnologías a usar para tener una integración homogénea entre, software y hardware (véase figura 12 y 13).

**Figura 12.** Presentación del proyecto WATER COLLECTOR 1.0 a estudiantes asignados al desarrollo del proyecto



Fuente: Autores.

**Figura 13.** Explicación del proyecto a los estudiantes del semillero



Fuente: Autores.

## **10.2. DESARROLLO DEL PROYECTO EN LA INSTITUCIÓN OFELIA URIBE DE ACOSTA**

Con el grupo de estudiantes ya familiarizados con el trabajo de grado llamado WATER COLLECTOR 1.0, se procedió al reconocimiento del terreno, la cual la institución puso a disposición para toda la implementación de las estructuras otorgando aproximadamente 35 metros cuadrados para toda la implementación de este, en la Figura 14 se muestra el reconocimiento del terreno sin ningún tipo de manipulación.

**Figura 14.** Reconocimiento del terreno otorgado por el colegio Ofelia Uribe de Acosta



Fuente: Autores.

Con el reconocimiento del terreno a trabajar, además de la explicación del trabajo de grado a los estudiantes, se implementó un test de conocimientos básicos para medir el grado de comprensión de los estudiantes frente al tema propuesto la cual permitiría determinar los conocimientos que cada uno de los estudiantes posee frente el desarrollo previo al WATER COLLECTOR 1.0, los cuales vinculan aspectos relacionados con software y hardware, esto con el fin de establecer un punto de partida y lograr que una vez culminado el trabajo, los estudiantes tengan una base más fuerte sobre los temas relacionados al WATER COLLECTOR 1.0, las telecomunicaciones y la electrónica básica. En la Tabla 12 se muestra la prueba de conocimientos realizado a los estudiantes asignados al TRABAJO DE GRADO.

**Tabla 12.** Herramienta de Evaluación para estudiantes del colegio Ofelia Uribe de Acosta

| UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA   |               |                   |
|--|---------------|-------------------|
| TEST DE CONOCIMIENTOS BASICOS  |               |                   |
| <b>Nombre:</b>   | <b>fecha:</b> | <b>02/05/2018</b> |
| Responda las siguientes preguntas con un SI o con un NO según corresponda, sea lo más sincero posible. |               |                   |
| PREGUNTAS  | SI            | NO                |
| ¿Sabe usted que es un Atrapa Niebla?   |               |                   |
| ¿sabe usted que es un Cultivo Urbano?  |               |                   |
| ¿Alguna vez ha realizado un cultivo urbano?  |               |                   |
| ¿Sabe usted que es un Microprocesador?   |               |                   |
| ¿Sabe usted que es un Arduino?   |               |                   |
| ¿Ha programado un dispositivo alguna vez?  |               |                   |
| ¿Conoce usted un sensor?   |               |                   |
| ¿Conoce usted un sensor de Humedad?  |               |                   |
| ¿Sabe Usted que es una conexión Inalámbrica?   |               |                   |
| ¿Sabe usted que es la IoT?   |               |                   |

**Fuente:** Autores.

En las pruebas realizadas, se evidenció que el conocimiento sobre tecnología era bajo, (véase anexo A, anexo B y anexo C) por lo tanto, se procedió a explicar al grupo de estudiantes del Colegio Ofelia Uribe de Acosta, las generalidades de los temas a tratar para la realización del WATER COLLECTOR 1.0, de esta manera pudieron entender de manera puntual, los conceptos e información necesaria para la realización del mismo.

### 10.3. REALIZACIÓN DEL CULTIVO

El WATER COLLECTOR 1.0 al ser un recolector de agua, genera una oportunidad para el aprovechamiento y para que la institución pueda hacer uso de esta. Como se mencionó anteriormente, una vez expuesto el desarrollo del trabajo de grado tanto a las directivas como a los mismos estudiantes, se decidió aprovechar el líquido recolectado en una huerta echa por los estudiantes de la Universidad Católica de Colombia y los alumnos participantes en el proyecto del colegio Ofelia Uribe de Acosta.



Para la realización del cultivo se tuvieron en cuenta los parámetros vistos en la Tabla 10 con la que se permitió determinar que la mejor opción de siembra, según las condiciones de la zona fue la cebolla cabezona roja.

Según las condiciones del suelo en donde se trabajó se determinó que es un terreno arcilloso, ideal para poder sembrar la cebolla. A demás con la realización de este cultivo, se logró crear un espacio de integración y esparcimiento con los estudiantes del semillero, que a su vez fomentó un sentido de pertenencia y adquisición de conocimientos experienciales para llevar a cabo el acondicionamiento del lugar destinado. En la Figura 15 se muestra cómo se preparó el terreno ya que no estaba en óptimas condiciones para generar un área de cultivo.

**Figura 15.** Preparación del terreno



Fuente: Autores

Debido a que el terreno nunca se había preparado para implementarse con una huerta, se procedió a quitar toda raíz y pasto para dejar el terreno completamente limpio, además se utilizó tierra con abonada para mejorar el proceso de crecimiento de la planta. Una vez con todo el suelo preparado tal y como se muestra en la Figura 16, se procedió a sembrar las semillas de cebollas rojas, inicialmente se sembraron en un semillero pequeño para que se dé el brote y la raíz empiece a salir como se muestra en la Figura 17. Con el espacio que se otorgó por la institución, se dio la

oportunidad de formar una huerta de 20 metros cuadrados los cuales permitieron sembrar 80 plantas de cebolla cabezona roja y de las cuales los estudiantes que participantes del trabajo de grado estuvieron encargados de cuidar y estar pendientes de que no pisaran las plantas antes de que den el fruto y como se mencionó anteriormente el riego de esta huerta fue echo con el agua recolectada mediante un control de riego, el cual se mostrara al avanzar con la implementación del proceso.

**Figura 16.** Terreno preparado para el sembrado de cebolla roja



Fuente: Autores.

**Figura 17.** Semillero temporal para las semillas de cebolla roja



Fuente: Autores



En este semillero temporal se dejó germinar las semillas durante 15 días aproximadamente, ya que no todas las semillas de cebolla germinaron al mismo tiempo tal y como se muestra en la Figura 18. Luego de que las semillas germinaran en dicho semillero temporal, se trasplantaron a la huerta que previamente se había preparado por parte de los estudiantes.

Dicha siembra, fue realizada por los estudiantes, bajo una inspección y siguiendo las indicaciones establecidas para la apropiada plantación y sin dañar ninguno tallo o raíz de los brotes de cebolla que anteriormente habían germinado en el semillero. Como se muestra en la Figura 19, se muestra ya el suelo abonado y con las separaciones correspondientes para poder plantar los brotes, con un total de 80 brotes de cebolla cabezona roja plantados en el terreno dispuesto por el colegio Ofelia Uribe de Acosta.

**Figura 18.** Brotes de cebolla roja en el semillero



Fuente: Autores.

**Figura 19.** Trasplantedo de brotes de cebolla a la huerta final



Fuente: Autores.

Ya con los brotes trasplantados, se dejó terminar de germinar completamente las cebollas. La culminación del proceso de sembrado se generó con la instalación de un control de riego, el cual aprovecho toda el agua recolectada por el WATER COLLECTOR 1.0 y propicio un ambiente controlado para que la germinación de los brotes fuera exitosa. En las Figuras 20 y 21 se muestra el control de riego sobre la huerta de cebolla.

**Figura 20.** Instalación control de riego para la cebolla roja.



Fuente: Autores

Para poder regar las plantas se instaló una bomba de agua de 1/2Hp la cual tiene la suficiente fuerza para bombear el agua por toda la huerta, en la Figura 20 se muestra el sistema de riego para las plantas con el cual se instalaron mangueras con agujeros para simular un goteo constante a la hora de regar las plantas, en total fueron 5 mangueras para poder generar todo el riego a las semillas. Adicionalmente cuando el sistema no esté reganado la huerta, los estudiantes pueden tomar el agua que se almacena por el WATER COLLECTOR 1.0 y usarla en las demás huertas que se construyen dentro de la institución.



**Figura 21.** Bomba para el control de riego de la huerta.



Fuente: Autores.

#### **10.4. CAPACITACIÓN A LOS ESTUDIANTES**

Para que el desarrollo del trabajo de grado llamado WATER COLLECTOR 1.0 fuera entendido por todos los estudiantes del semillero, es decir, software y hardware, se agendaron espacios y se realizaron capacitaciones teórico-prácticas en donde los estudiantes asignados al desarrollo de este, tuvieran la oportunidad de interactuar con toda la parte electrónica del WATER COLLECTOR 1.0 dentro de los cuales se encuentran sensores, placa de procesamiento de datos, plataforma de recepción de datos y programación en el IDE de Arduino UNO.

En primer lugar, se analizaron los sensores para medir las principales variables de la huerta y de los recolectores de agua lluvia y niebla, dejando claro los parámetros y el porqué de la utilización de esos sensores para la realización de este trabajo de grado (Figura 22), esto debido a que en la prueba de conocimientos previos se evidencio que no todos los estudiantes tenían conocimiento de lo que era un sensor o en qué casos se podía usar, adicionalmente se logró una visión clara y concreta sobre el sistema de electrónico del WATER COLLECTOR 1.0 por parte de los estudiantes del semillero del Colegio Ofelia Uribe de Acosta, quienes entendieron

puntualmente la función de cada componente de hardware utilizado en el desarrollo del trabajo grado.

**Figura 22.** Presentación de los sensores utilizados por el WATER COLLECTOR 1.0 a los estudiantes asignados al trabajo de grado



Fuente: Autores.

Seguido de estos se explicó el tipo de placa de procesamiento de datos utilizado en el desarrollo del trabajo de grado, se expuso y presentó la interfaz IDE de Arduino UNO y su dispositivo en físico para que los estudiantes sepan los distintos tipos de Arduino UNO que hay y algunos de sus aplicaciones (Figura 23), este IDE de Arduino UNO permite programar de manera sencilla, esta explicación se obtuvo mediante un ejemplo haciendo uso de un bombillo led para una intermitencia de luz (LED ON/OFF) (Figura 24), con el fin de que pudieran ver las instrucciones básicas de programación e interactuaran con el dispositivo. Esto se realizó utilizando el Arduino UNO, lo que permitió a los estudiantes, entender de manera fácil y práctica la forma de hacer el cuerpo de una programación en C++ disponiendo de la IDE de Arduino UNO, así adquirieron las capacidades para poder analizar la programación utilizado dentro del WATER COLLECTOR 1.0.

**Figura 23.** Presentación Placas de Arduino UNO



Fuente: Autores.

**Figura 24.** Interfaz gráfica de Arduino (LED ON/OFF)

```
sketch_nov01a $
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

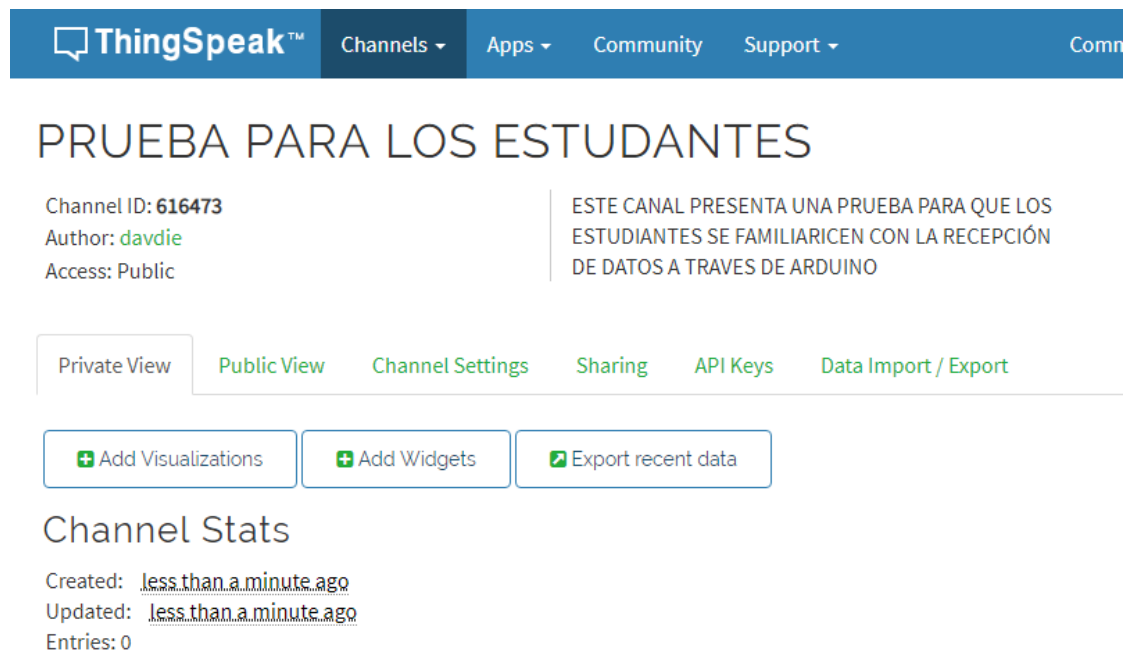
// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);                     // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);                     // wait for a second
}
```

Fuente: Autores.

Una vez entendido el funcionamiento básico de los sensores, la programación y funciones básicas para la placa de Arduino UNO, se procedió a explicar a los estudiantes la plataforma de recepción de todas las variables que el WATER COLLECTOR 1.0, la cual es una plataforma de IoT de tipo número, es decir, solo recibe valores números, grafica los datos y los almacena en tiempo real. Para esto

se realizó un canal de prueba y por medio de la aplicación se les explico a los estudiantes como configurar el canal para recibir datos directamente desde el Arduino UNO, tal y como se muestra en la Figura 25.

**Figura 25.** Explicación de interfaz de Thingspeak



Fuente: Autores.

También se les explico la forma de conexión del módulo Arduino UNO a una red WIFI cercana, esto debido a que los datos recolectados por el sistema del WATER COLLECTOR 1.0 son transmitidos a una plataforma IoT y permite ver el comportamiento y el funcionamiento del todo el sistema WATER COLLECTOR 1.0. Como se había mencionado anteriormente el módulo Arduino UNO por sí solo no se puede conectar a una red WIFI para esto se acoplo un módulo ESP8266 el cual mediante comando AT permite la conexión a una red inalámbrica, a los estudiantes se les dio una explicación básica sobre estos comando AT, los cuales solo se les capacito para que supieran reconocer los comandos para reconocimiento y conexión a una red WIFI cercana (Figura 26) y además se les mostro físicamente el módulo y cuáles son sus conexiones dentro del Arduino UNO para generar un acople correcto dentro de la plataforma de Arduino UNO (Figura 27).

**Figura 26.** Explicación de comandos AT para la conexión a internet del módulo ESP8266.



Fuente: Autores.

**Figura 27.** Presentación del módulo WIFI ESP8266 para acople con Arduino



Fuente: Allegro, módulo WIFI ESP8266 ESP-01 Arduino, obtenido de:  
<https://allegro.pl/modul-wifi-esp8266-esp-01-arduino-i6631238505.html>



## 11. DISEÑO DE ESTRUCTURAS PARA EL WATER COLLECTOR 1.0

Teniendo en cuenta que el WATER COLLECTOR 1.0 comprende un recolector de agua lluvia y un recolector de niebla, se diseñaron dos tipos de captadores de agua los cuales estarían dentro del terreno otorgado por el colegio Ofelia Uribe de Acosta, ambos tipos de captadores al igual que los materiales para su construcción, fueron evaluados previamente en las Tablas 4 y 5 respectivamente, teniendo como resultado un atrapa nieblas bidimensionales y un captador de agua lluvia por medio de tejado en aluminio.

Los diseños y construcción de los dos captadores de agua fueron diseñados y supervisados por los estudiantes de la Universidad Católica de Colombia y los alumnos del semillero de colegio Ofelia Uribe de Acosta tuvieron participación en el acondicionamiento del terreno y preparación de todos los materiales para su construcción.

### 11.1. DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL ATRAPANIEBLAS

Como se estableció en la Tabla 4 el tipo de atrapa niebla óptimo para construir en el terreno otorgado por la institución fue el de tipo bidimensional (véase Figura 28), ya que es de fácil construcción, bajo costo y ocupa poco terreno por lo cual es más viable a la hora de su construcción. Adicionalmente se estableció el uso de una malla tipo raschel al 80% la cual genero una mayor captación de niebla y teniendo en cuenta la humedad de Bogotá la cual es de aproximadamente del 80% se ajusta perfectamente a las condiciones climatológicas que se presentan en el sector de Yomasa en la localidad de Usme.

**Figura 28.** Atrapa niebla bidimensional



Fuente: Autores



En el Anexo M se muestra el WATER COLLECTOR 1.0 con los recolectores de agua lluvia y niebla juntas, además de la huerta construida por los estudiantes asignados al trabajo de grado.

Para proceder con el diseño del atrapa niebla, se buscó la orientación del viento, ya que al atrapar las pequeñas nubes las cuales son empujadas con el viento, el atrapa nieblas debe estar de forma perpendicular a la dirección del viento. Las dimensiones y forma del atrapa niebla bidimensional debe ser de tipo rectangular ya que de esta forma y ajustado a la dirección del viento captaran más niebla, en este caso se construyó de 6 metros de alto por 5 metro de largo, con la malla raschel del 80%.

Los materiales usados para la construcción del atrapa niebla se describen a continuación:

- Dos postes de 6 metros de largo en madera solida con 8" de diámetro, de los cuales 1 metro se enterró para asegurar la sostenibilidad del atrapa nieblas
- Malla raschel al 80% de 5 metros de largo, la duración de esta malla se estima de aproximadamente 6 u 8 años
- Canaleta en aluminio de 5 metros de largo por 40 cm de ancho, la cual se encargó de dirigir todo el flujo de agua recolectada al tanque.
- Amarres en aluminio, los cuales fueron fundamentales a la hora de anclar y sujetar la canaleta a la malla y a los postes de atrapa nieblas.
- Tubo de PVC de 1" con reductor a tubo  $\frac{1}{2}$ ", esto debido a que el sensor de caudal usado fue de  $\frac{1}{2}$ ".
- Tubo de PVC de  $\frac{1}{2}$ " para direccionar todo el flujo de agua hacia los tanques de almacenamiento.
- Tanque recolector de agua de 250 litros.

Al momento de enterrar los postes y anclarlos al piso se abrieron agujeros de 1 metro de diámetro por 1 metro de profundidad, esto para asegurar el correcto anclaje de los postes a suelo y evitar que fuertes vientos puedan afectar el atrapa nieblas, en la Figura 29 se muestra el esquema de los dos agujeros.

**Figura 29.** Agujero para enterrar el atrapa niebla



Fuente: Autores

Debido a que los vientos en esa zona no son muy fuertes la mayor parte del año, no fue necesario usar anclajes ajustados a la tierra y así se pudieron evitar cortes en la malla o daños futuros en los postes. Ya que el uso del agua fue destinado para el riego de huertas, se destinó una tubería para un tanque de 250 litros el cual almacena el agua y no permite la entrada de residuos ni tampoco insectos u otros animales pequeños.

Con los parámetros de diseño y las medidas ya establecidas se procedió con el montaje de la estructura, para esto previamente se preparó el terreno para quitar toda maleza que pueda afectar al momento del montaje de la estructura, en las Figuras 30 y 31 se evidencia la preparación previa del terreno antes de montar la estructura y la estructura ya anclada a la tierra junto con la malla recolectora de niebla.

**Figura 30.** Preparación del terreno



Fuente: Autores.

La preparación del terreno la realizaron los estudiantes que participaron en el desarrollo del WATER COLLECTOR 1.0 y estuvo supervisada por el docente encargado en la institución. Como se mencionó anteriormente se retiró toda maleza y se niveló el terreno para proseguir con la apertura de los agujeros y poder instalar la estructura. Adicionalmente se debió tener en cuenta que la malla debió quedar templada para que tenga una mayor eficiencia de colección de la nube.

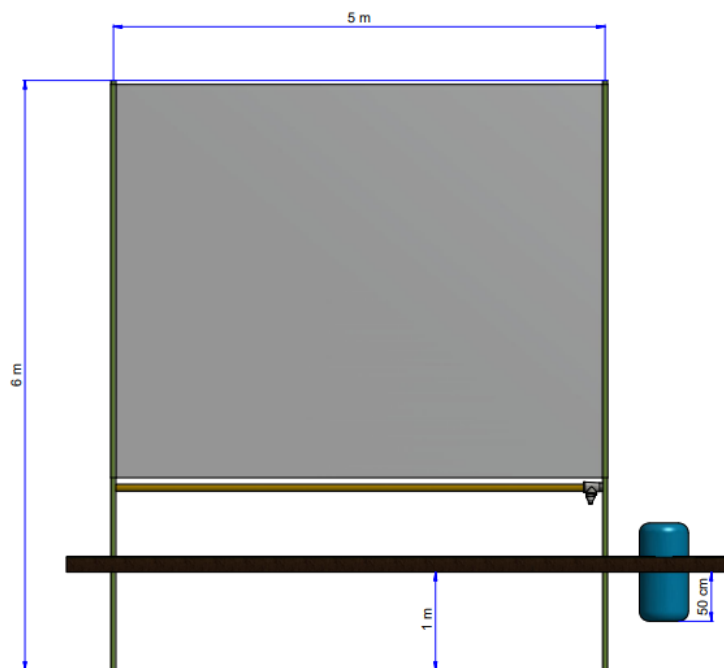
**Figura 31.** Estructura anclada al suelo



Fuente: Autores.

En la Figura 32 se muestra el diseño en AutoCAD del atrapa nieblas, con las medidas establecidas anteriormente, este diseño se realizó a una escala de 1:25.

**Figura 32.** Diseño AutoCAD del atrapa niebla



Fuente: Autores

Las demás vistas del diseño en 3D y el isométrico del diseño se encuentra en el anexo G, anexo H y anexo I.

## **11.2. DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL RECOLECTOR DE AGUA LLUVIA**

Para el diseño del recolector de agua lluvia, se tuvo en cuenta un estilo fácil y de gran recolección de agua a un bajo costo y de fácil instalación. El diseño que más se ajustó al espacio otorgado por la institución y de fácil construcción para los alumnos del semillero que participaron en el desarrollo del trabajo de grado, fue un captador de agua lluvia de tipo tejado, imitando el diseño de una casa (véase Figura 33) y mediante canaletas y tubos de PVC se puede recolectar grandes cantidades de agua en el momento en que la lluvia se presente en la institución.

Claramente, al ser un recolector de agua lluvia tendrá una mayor capacidad de recolección del atrapa nieblas ya que la cantidad de agua será mayor debido a la velocidad con la que cae hacia el suelo. En el Anexo M se muestra el WATER COLLECTOR 1.0 con los recolectores de agua lluvia y niebla juntas, además de la huerta construida por los estudiantes asignados al desarrollo del trabajo de grado.

**Figura 33.** Recolecto de agua lluvia



Fuente: Autores.

Los materiales previstos para la construcción del captador de agua lluvia fueron:

- 4 postes de madera de 3 metros de largo, de los cuales 60 cm estarán enterrados bajo tierra.
- 2 travesaños de 3 metros de largo para garantizar que los postes no se muevan debido al viento
- 3 tejas en aluminio de 2 metros de largo por 1 metro de ancho
- Canaleta de aluminio de 1 metro de ancho por 3 metros de largo
- Amarres en aluminio para sujetar la canaleta a las tejas recolectoras de agua lluvia
- Tubería PVC de 1" con reductor a tubo  $\frac{1}{2}$ ", esto debido a que el sensor de caudal usado fue de  $\frac{1}{2}$ ".
- Tubería de  $\frac{1}{2}$ " para direccionar el flujo de agua hasta los tanques de almacenamiento de agua.
- Tanque de almacenamiento de agua de 250 litros.

Al momento de enterrar los postes y anclarlos al piso se abrieron agujeros de 60 centímetros de profundidad por 1 metro de diámetro, esto para asegurar el correcto anclaje de los postes a suelo y evitar que fuertes vientos puedan afectar el recolector de agua lluvia, en la Figura 34 se muestra el montaje de la estructura del captador de agua.

Las tejas fueron montadas en ángulo de  $45^\circ$  esto para garantizar una buena captación de agua lluvia, de igual forma la canaleta fue ajustada en caída aproximadamente  $30^\circ$  para que toda el agua lluvia fuera recolectada en el tanque de almacenamiento, en la Figura 35 se muestra la estructura terminada junto con la tubería de salida desde a canaleta, como se mencionó anteriormente se usó un reductor de tubería de 1" a  $\frac{1}{2}$ " debido a que el sensor de flujo es de  $\frac{1}{2}$ ".

**Figura 34.** Montaje de la estructura del recolector de agua lluvia.



Fuente: Autores.



**Figura 35.** Captador de agua lluvia



Fuente: Autores.

Para instalar el sensor de flujo en el captador de agua lluvia, se tuvo en cuenta que el agua cayera de una forma constante al momento de recolectar el líquido, para esto se instaló de forma vertical justo en la caída de la canaleta, luego de que el agua captada pasara por el sensor de flujo se direcciono con tubería de  $\frac{1}{2}$ " hasta el tanque de almacenamiento del agua. En la Figura 36 se muestra como fue realizado la instalación del sensor de flujo YL-69.

**Figura 36.** Instalación sensor de flujo.



Fuente: Autores.

Una vez diseñado y construido el atrapa niebla bidimensional y el recolector de agua lluvia se direccionó la tubería al tanque de almacenamiento al cual se le acoplo la bomba de agua para distribuir el agua recolectada por ambas estructuras hacia el riego de la huerta (Figura 37), construida por los estudiantes del colegio Ofelia Uribe de Acosta.

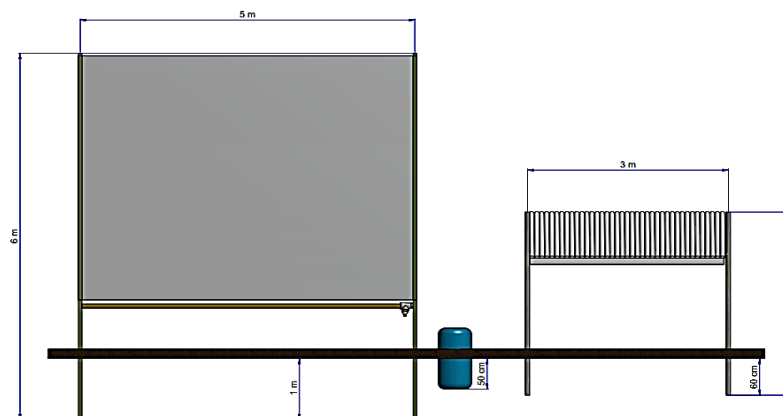
En la Figura 38 se muestra el diseño en AutoCAD 2018 del recolector de agua lluvia junto con el atrapa niebla, con las medidas establecidas anteriormente, este diseño se realizó a una escala de 1:25, con su vista frontal.

**Figura 37.** Direccionamiento de la tubería hasta el tanque de almacenamiento



Fuente: Autores.

**Figura 38.** Diseño de los recolectores en AutoCAD.



Fuente: Autores.

Las demás vistas del diseño en 3D y el isométrico del diseño se encuentra en el anexo G, anexo H y anexo I.

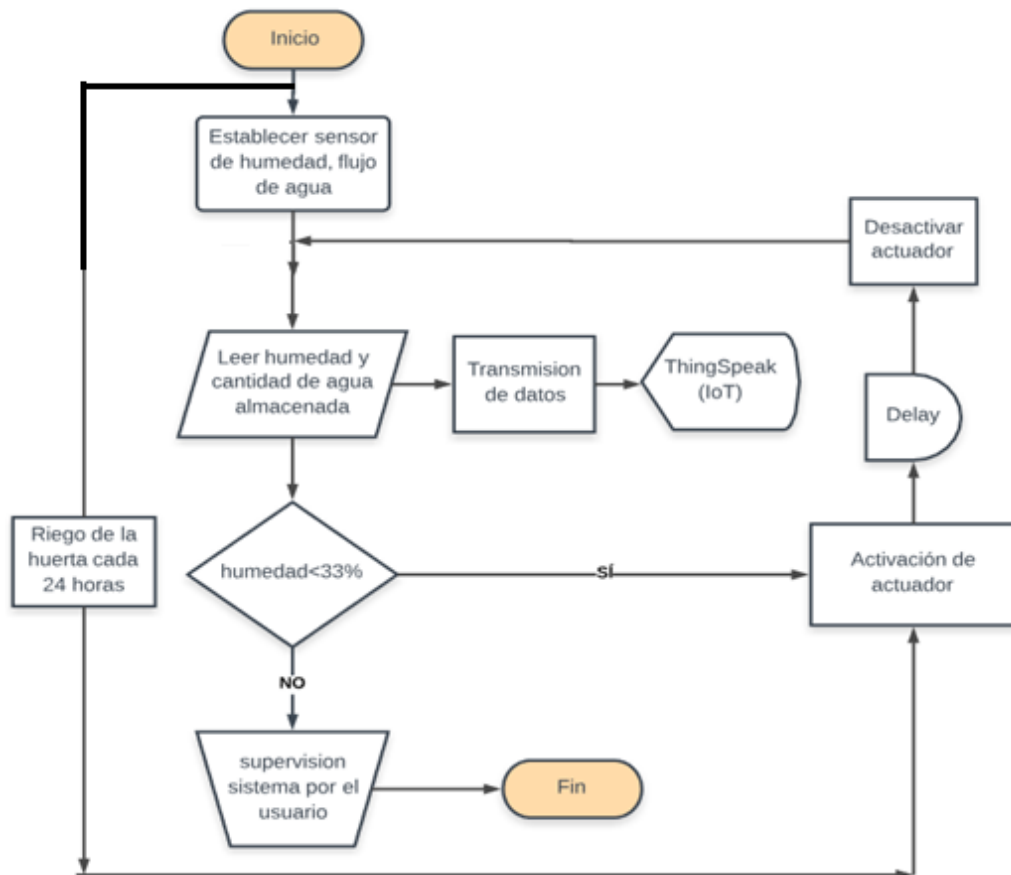
## 12.IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRONICO PARA EL WATER COLLECTOR 1.0

### 12.1. DISEÑO SISTEMA DE CONTROL

Se implementó un código de programación en el IDE Arduino para realizar la obtención de los datos por parte del Arduino UNO, esto para determinar si es necesario activar o no la bomba de agua para su posterior riego de la huerta, además de tener control de la humedad de la tierra, la cantidad de agua recolectada y cuánta agua capta cada recolector.

El algoritmo de programación para el sistema de control se muestra en la Figura 39.

**Figura 39.** Diagrama de flujo proceso de control



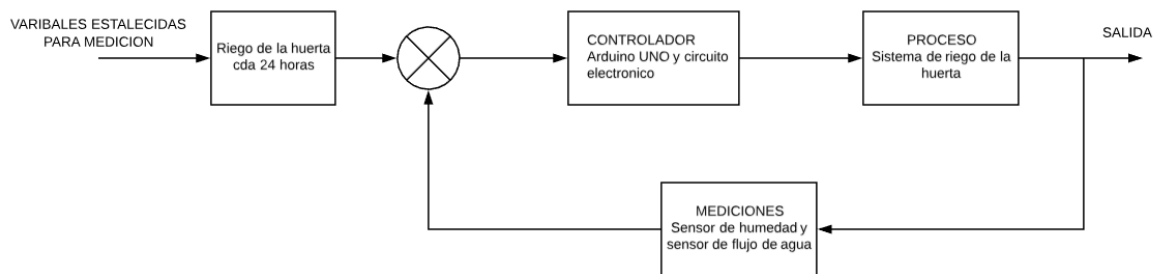
Fuente: Autores



El proceso de control está compuesto por una motobomba la cual fue destinada al riego de la huerta construida por los estudiantes del colegio Ofelia Uribe de Acosta, esta bomba se encargó de realizar el riego a la huerta teniendo en cuenta las especificaciones dadas al controlador por medio de la programación y a su vez evitar el desbordamiento del tanque de almacenamiento del líquido recolectado.

Gráficamente el sistema de control se muestra en la Figura 40.

**Figura 40.** Diagrama de control



Fuente: Autores

El sistema de control que se integró consistió en el riego de la huerta cada 24 horas y además de la comparación de los valores obtenidos por el sensor de humedad para determinar si el sistema se encontraba estable o en otras palabras si el porcentaje de humedad se encontraba normal y de esta forma establecer el momento de activación de la bomba para regular la humedad del suelo, claro está si esto es requerido antes de transcurridas las 24 horas correspondientes al riego previamente programado.

## 12.2. COMPONENTES DEL DISPOSITIVO

Los componentes utilizados en el WATER COLLECTOR 1.0 se muestran a continuación, dentro de los cuales se explicó el porqué de su uso y que función cumple dentro del desarrollo del trabajo de grado, además los estudiantes del colegio Ofelia Uribe de Acosta tuvieron contacto con cada uno de estos componentes electrónicos.

### 12.2.1. Arduino UNO

Para la implementación electrónica WATER COLLECTOR 1.0, se tuvo en cuenta que la tarjeta a usar tuviera una conexión inalámbrica, la cual, podrían suplir las necesidades que este tenía en la implementación de la recolección de agua y manejo de datos hacia la plataforma de IoT, como la facilidad de comprensión educativa que se generó en los estudiantes del Semillero Ambiental del colegio Ofelia Uribe de Acosta. Por esta razón se decidió manejar Arduino UNO, el cual genera una interfaz de programación amigable y eficiente para la comunicación con los sensores y comunicación vía inalámbrica la cual es vital para el WATER COLLECTOR 1.0 (véase figura 41)

**Figura 41.** Arduino UNO



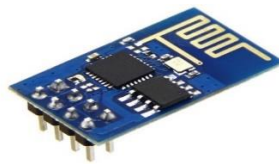
Fuente: PROMETEC. Arduino UNO Rev3. Obtenido de: <https://www.prometec.net/producto/arduino-uno/>

Este tipo de tarjeta se escogió teniendo en cuenta las características expuestas en la Tabla 10, las cuales contaban con herramientas que pudiesen suplir las necesidades anteriormente expuestas.

### 12.2.2. Módulo ESP8266

Teniendo en cuenta que el Arduino UNO no maneja una comunicación WIFI integrada, se le acoplo el módulo ESP8266 el cual mediante configuración por comando AT permite conectar a una red WIFI y generar la transmisión de datos a la plataforma de IoT, además se brindar la comunicación de tipo WIFI es de fácil programación y se tuvo en cuenta ya que fue buena enseñanza practica para los estudiantes del semillero que participaron en el desarrollo del trabajo de grado. (Véase figura 42)

**Figura 42.** Módulo ESP8266



Fuente: Allegro, módulo WIFI ESP8266 ESP-01 Arduino, obtenido de: <https://allegro.pl/modul-wifi-esp8266-esp-01-arduino-i6631238505.html>

### 12.2.3. Batería de litio 12V y fuente MB V2 AMS1117

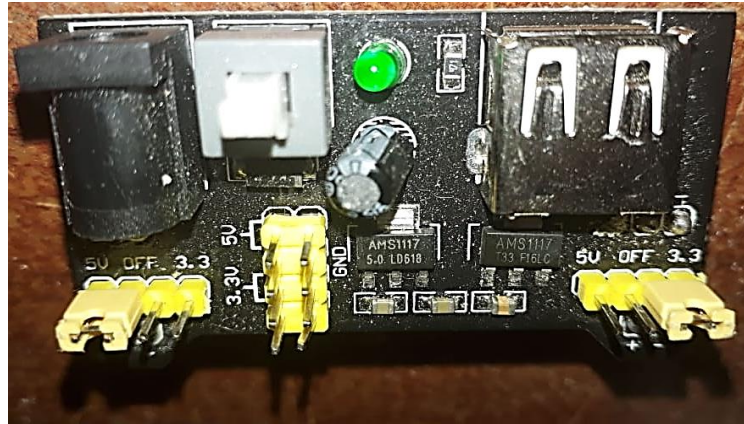
Para la para la alimentación del dispositivo y toda la parte electrónica, se utilizó una batería de litio con un voltaje aproximado de 12 Voltios (Figura 43), debido a que el dispositivo de comunicaciones estará a la intemperie dentro de una caja nema y no fue posible disponer de un conector de energía eléctrica. Dicha batería permitió la alimentación de la fuente MB V2 AMS1117 que se muestra en la Figura 44, este tipo de fuente se encuentra en el rango de 6.5 y 12 Voltios para su alimentación, por eso solo fue necesaria una batería de litio a 12 voltios.

**Figura 43.** Batería de litio 12 V



Fuente: Autores

**Figura 44.** Fuente MB V2 AMS1117



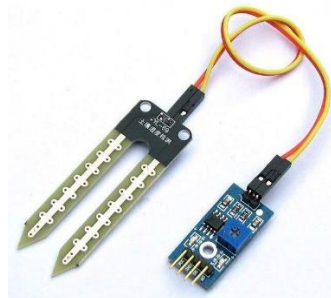
Fuente: Autores

La fuente MB V2 AMS1117, permitió disponer de salidas de 3.3 V y 5 Voltios respectivamente, lo que es muy importante ya que todos los sensores, como lo son el sensor de humedad, el sensor de flujo de agua, entre otros se alimentan a 3.3V y 5V, generando así puertos adicionales de alimentación.

#### **12.2.4. Sensor de humedad YL-69**

El sensor de humedad del suelo YL-69 (Figura 45), funciona con un voltaje de 3.3 Voltios, por lo tanto, se alimentó el sensor con 3.3V de la fuente para asegurar que los datos obtenidos por el sensor no recibieran ninguna perturbación por un bajo voltaje.

**Figura 45.** Sensor humedad del suelo (YL-69)



Fuente: Electrónicos Caldas, <https://www.electronicoscaldas.com/sensores-de-humedad-lluvia-inundacion/461-sensor-de-humedad-en-suelo-yl-69.html>

Para poder linealizar correctamente el sensor de humedad se debe tener en cuenta que el sensor tiene dos salidas, analógica y digital. Con la salida digital la señal solo puede ser ALTA o BAJA según la cantidad de agua en donde se esté tomando los datos, pero con la salida analógica, el voltaje que sale de las terminales cambia con la cantidad de agua que se encuentra en el suelo, es decir, cuando el suelo es seco la tensión de salida aumenta y cuando el suelo es húmedo la tensión de salida disminuye. Por ende, la salida analógica del sensor obtendrá un valor entre 0 y 1023, en donde 1023 será cuando el suelo este seco y 0 cuando el sensor este en agua directamente.

A partir de estos valores analógicos se realizó la linealización del sensor, teniendo en cuenta que cuando el valor es 0 hay un 100% de humedad y cuando el valor es 1023 es 0% de humedad, la cual es lo máximo que puede captar el sensor, los datos se muestran en la Tabla 13.

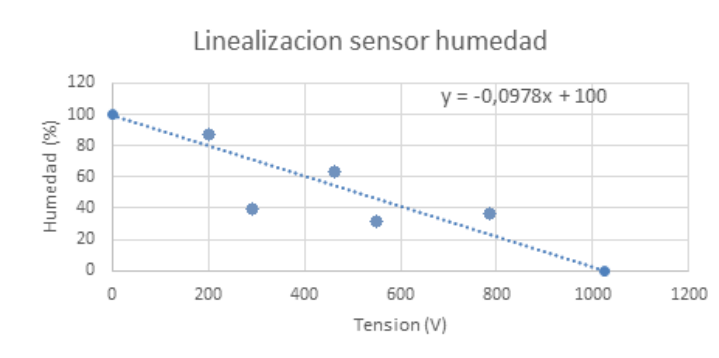
**Tabla 13.** Datos voltaje vs humedad

| TENSION<br>(V) | HUMEDAD<br>(%) |
|----------------|----------------|
| 0              | 100            |
| 1023           | 0              |

Fuente: Autores.

Al realizar la linealización teniendo en cuenta los valores expuestos anteriormente se obtuvo la gráfica mostrada en la Figura 46.

**Figura 46.** Grafica de linealización



Fuente: Autores.

Con el sensor ya linealizado se obtuvo la ecuación característica de la recta  **$Y = -0.0978(X) + 100$**  y esta se aplicó directamente en la programación para completar la linealización del sensor y obtener una medición más exacta de la humedad percibida por el sensor.

Como este sensor se aplicó directamente sobre la tierra de la huerta, fue necesario saber si la humedad de la tierra era constante en todos los puntos en donde se pudiera colocar el sensor de humedad. Como la huerta fue construida con una misma tierra abonada todo el suelo debería tener un mismo porcentaje de humedad, para determinar esto se realizaron mediciones de humedad en diversos puntos de la huerta, exactamente 20 puntos de muestreo con el sensor de humedad para confirmar que la humedad en cualquier punto fue la misma o un valor aproximado. En la Tabla 14 se muestra los resultados obtenidos al realizar la evaluación los 20 puntos de muestreo dentro de la huerta.

**Tabla 14.** Muestreo de humedad en la huerta de cebolla cabezona roja.

| PUNTO DE MUESTREO               | HUMEDAD (%)  |
|---------------------------------|--------------|
| 1                               | 33%          |
| 2                               | 38%          |
| 3                               | 30%          |
| 4                               | 32%          |
| 5                               | 40%          |
| 6                               | 33%          |
| 7                               | 34%          |
| 8                               | 36%          |
| 9                               | 33%          |
| 10                              | 32%          |
| 11                              | 33%          |
| 12                              | 31%          |
| 13                              | 30%          |
| 14                              | 33%          |
| 15                              | 33%          |
| 16                              | 33%          |
| 17                              | 35%          |
| 18                              | 37%          |
| 19                              | 33%          |
| 20                              | 32%          |
| <b>PROMEDIOD DE HUMEDAD (%)</b> | <b>33,55</b> |

Fuente: Autores.

Con un promedio de humedad del 33.55% se demostró que la humedad en la mayor parte de la huerta esta con una humedad del 33% aproximadamente, es decir, que para integrar y mantener controlada la humedad de la tierra con un sensor de humedad YL-69 en el WATER COLLECTOR 1.0, solo se requirió de un sensor para tener este control de humedad ya que el porcentaje de humedad en la tierra será el mismo en la mayoría de los puntos de sembrado de semillas.

#### **12.2.5. Sensor de flujo de agua YS-F201**

Para el caso del sensor de flujo de agua (Figura47), el cual tendrá la función de registrar cuánta agua se está almacenando por cada recolector, fue necesario alimentarlo con 5 Voltios por requerimiento de la ficha técnica, por lo tanto, se dispuso de los 5 voltios proporcionados por la fuente, además para el caso de este sensor como su puerto de comunicación es digital no es necesario usar puertos analógicos.

El sensor YS-F201 cuenta con 3 pines de conexión, cable rojo (5-24VDC), cable negro (tierra), cable amarillo (salida de impulso). Según el fabricante la salida de pulso es un pulso de tipo cuadrado y cuya frecuencia de pulso va a ser proporcional al caudal, por esta razón el fabricante da un factor de conversión de 7.5 para un sensor de caudal de  $\frac{1}{2}$ " como el que se manejó, pero este puede cambiar dependiendo la medida del sensor, puede ser de  $\frac{3}{4}$ " o de 1".

**Figura 47.** Sensor de flujo de agua  $\frac{1}{2}$ "



Fuente: Autores.

Para el correcto funcionamiento del sensor de flujo de agua es necesario realizar una calibración, debido a que el sensor envía un pulso por cada 2.25ml de agua que

pasa a través de este, según el fabricante. es por esta razón que previamente se calibro el sensor de flujo de manera que sea más preciso con la cantidad de agua que pasa por la turbina. Para calibrar el sensor YS-F201 fue necesario determinar el factor de conversión exacto que brinda el sensor, para determinar el factor de conversión se usó la siguiente ecuación (2).

$$K = \frac{\# \text{ pulsos}}{\text{volumen} * 60} \quad (2)$$

En donde K (factor de conversión), volumen (litros de agua), #pulsos (pulsos emitidos por el sensor en Hz) y 60 (tiempo de muestreo → 60segundos ó 1 minuto). Pero para tener un valor exacto y que garantice la linealización de este se tomaron varias muestras, con distintos litros de agua, en este caso se tomó una muestra desde 1 litro de agua hasta 5 litros. Para cada muestra se midió 5 veces sacando un promedio y luego poder hallar el factor de conversión más preciso, tal y como se muestra en las Tablas 15 y 16.

**Tabla 15.** Muestreo de cada pulso

|               | MEDICIÓN 1 | MEDICIÓN 2 | MEDICIÓN 3 | MEDICIÓN 4 | MEDICIÓN 5 |
|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| PULSO 1 (Hz)  | 605        | 1142       | 1730       | 2368       | 2832       |
| PULSO 2 (Hz)  | 587        | 1228       | 1670       | 2305       | 2805       |
| PULSO 3 (Hz)  | 602        | 1182       | 1645       | 2340       | 2845       |
| PULSO 4 (Hz)  | 594        | 1190       | 1720       | 2301       | 2830       |
| PULSO 5 (Hz)  | 595        | 1138       | 1679       | 2366       | 2828       |
| Σ (Pulso 1-5) | 2983       | 5880       | 8444       | 11680      | 14140      |
| PROMEDIO (Hz) | 596,6      | 1176       | 1688,8     | 2336       | 2828       |

Fuente: Autores.

**Tabla 16.** Factor de conversión

| LITROS DE AGUA | NUMERO DE PULSOS (Hz) | FACTOR DE CONVERSIÓN |
|----------------|-----------------------|----------------------|
| 1              | 596                   | 9,9                  |
| 2              | 1176                  | 9,8                  |
| 3              | 1689                  | 9,4                  |
| 4              | 2336                  | 9,7                  |
| 5              | 2828                  | 9,4                  |
| PROMEDIO       |                       | 9,8                  |

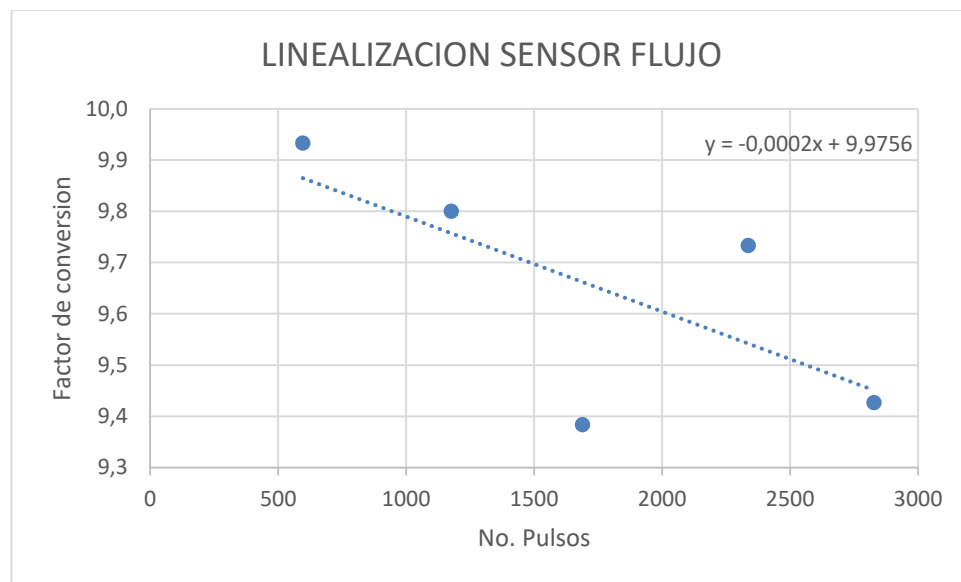
Fuente: Autores



Teniendo en cuenta que con 1 litro de agua se generan  $\pm 450$  pulsos aproximadamente, la relación de pulsos con litros de agua se muestra en la Tabla 15, mostrando una relación cercana a lo dicho por el fabricante del sensor.

Con el número de pulso versus el factor de conversión del sensor se puede linealizar el sensor, tomando como eje (X  $\rightarrow$  número de pulsos) y como eje (Y  $\rightarrow$  factor de conversión), obteniendo como resultado  $y = -0.0002x + 9.9756$  tal y como se muestra en la Figura 48.

**Figura 48.** Grafica de linealización.



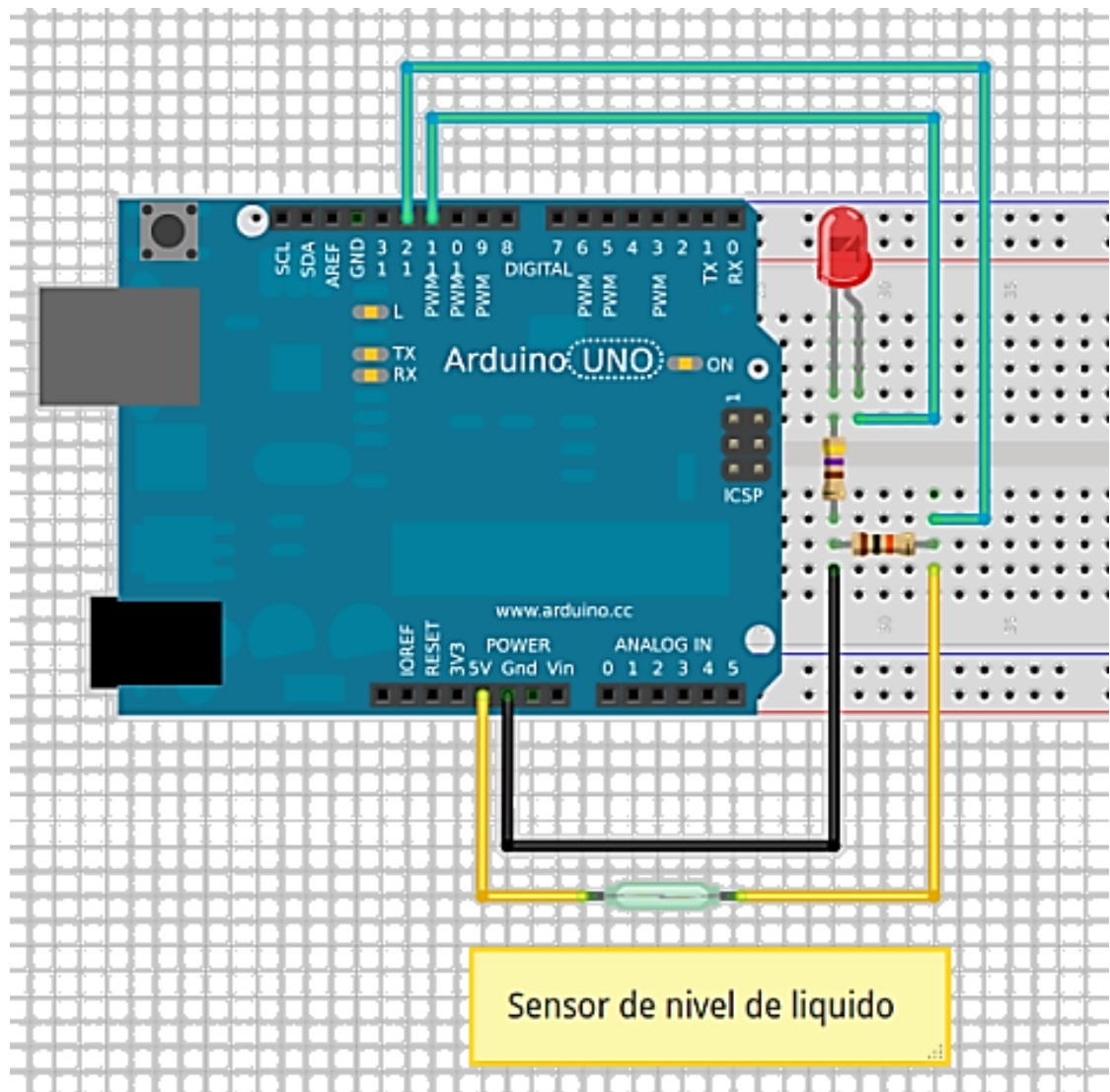
Fuente: Autores

Una vez realizada la calibración se pudo conectar el sensor de flujo de agua sin problema al dispositivo del WATER COLLECTOR 1.0 e integrar el resultado ( $y = -0.0002x + 9.9756$ ) al código base del WATER COLLECTOR 1.0.

#### 12.2.6. Sensor de nivel de agua

En la Figura 49 se muestra la conexión básica del sensor de nivel, con la cual se implementó el sistema de alarma, por medio de un LED, como se había mencionado anteriormente, solo es necesario saber cuándo el tanque este lleno o vacío según sea el caso.

**Figura 49.** Sistema ON/OFF sensor de nivel.



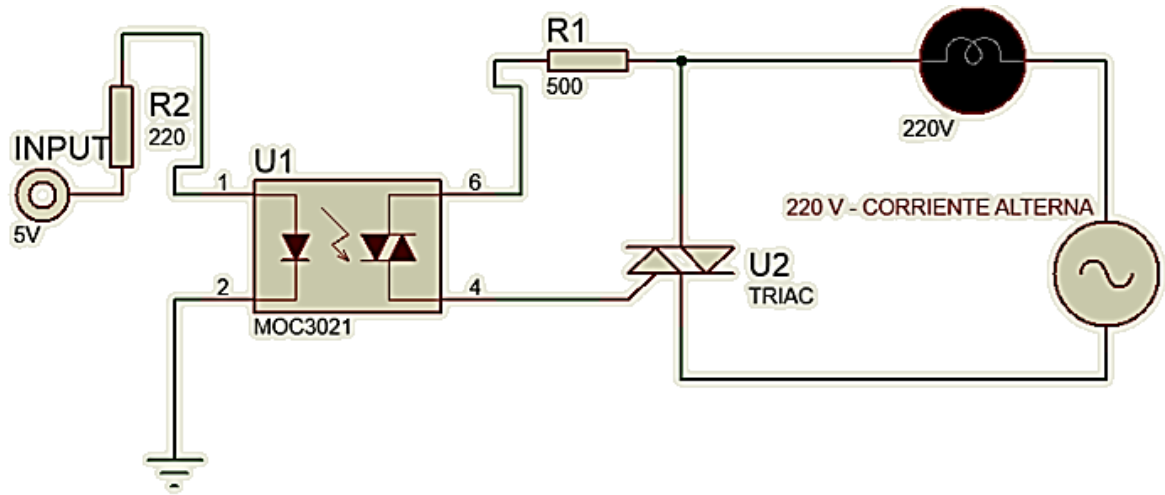
Fuente: Taller Arduino, sensor de nivel de líquido y Arduino o pinguino PIC, obtenido de: <https://tallerarduino.com/2012/10/26/sensor-de-nivel-de-liquido-y-arduino-o-pinguino-pic/>

Con el sensor de nivel, al ser un sensor de tipo digital no fue necesario linealizarlo, ya que solo cumple una función de tipo interruptor. Debido a esto, solo fue necesario crear un circuito el cual generara una alarma para avisar cuando el tanque este lleno o vacío, según sea el caso, el sensor de nivel flotador envía un pulso cuando la pesa cambia de estado, por decirlo así, un sensor ON/OFF o un sensor de tipo interruptor.

Con este sistema fue fácil saber cuándo el tanque se encontraba lleno o vacío y mantener un control y uso del agua adecuado.

Con la integración de la bomba de agua en el control de riego de la huerta se implementó una solución con un MOC y un TRIAC (véase Figura 50), el cual se puede controlar equipos que manejan corriente alterna con equipos que manejan corriente continua, en este caso controlar la bomba de agua a través del módulo Arduino UNO enviando una señal para abrir el riego de la bomba hacia la huerta en el momento en que la humedad de la tierra o cada que las semillas necesiten del riego para poder germinar a un 100%. La entrada de 5V correspondientes se generó por medio del MOC3021 y mediante el TRIAC se ajustó la bomba de agua, la cual maneja un voltaje de 110-220V.

**Figura 50.** Conexión para acoplar la bomba de agua al módulo Arduino UNO.

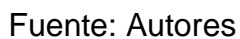


Fuente: optoacoplador TRIAC MOC3021, obtenido de: <https://che-charls-electroall.webnode.es/optoacoplador-triac-moc-3021/>

En la Figura 50 se muestra las conexiones y simulación del MOC y el TRIAC, las cuales se acoplaron fácilmente al circuito y además dio una gran ventaja ya que su conexión es de un tamaño más reducido.

Cada componente ya mencionado, fue destinado a la integración y conformación del dispositivo WATER COLLECTOR 1.0. con la ayuda de la herramienta Fritzing se realizó un diagrama de conexiones con el Arduino UNO el cual permitió ver la distribución de los componentes electrónicos, además se generaron los diseños de un PCB en 2D y 3D (Anexo J, Anexo K y Anexo L).

**Figura 51.** Diagrama de conexión WATER COLECCTOR 1.0



El dispositivo permite la conexión entre los sensores y la base de datos de thingspeak para el óptimo monitoreo de las variables en tiempo real, al mismo tiempo que se controla el riego de la huerta diseñada por los estudiantes de colegio Ofelia Uribe de Acosta.

### **12.3. DATOS DESDE IDE ARDUINO Y THINGSPEAK**

Los servicios de la plataforma Thingspeak incluyen el registro, procesamiento y distribución de la información que se suba a su plataforma en forma de gráficas, es decir, solo admite datos de tipo numérico. Todo esto se hace de forma gratuita y además permite la integración con múltiples plataformas como lo son Arduino UNO, Raspberry pi 3 o Matlab, en este caso se integró la plataforma Thingspeak con el IDE de Arduino.

Para poder integrar ambas plataformas, primero fue necesario crear una cuenta en Thingspeak, esta plataforma da la opción de crear la cuenta de tipo educativo o para servicios comerciales, como el proyecto WATER COLLECTOR 1.0 es netamente de tipo educativo se creó de esta forma para que la plataforma no genere cobro de mensualidad por el uso de esta aplicación, además de que los datos que se subieron a la plataforma no generaron el tráfico suficiente para que la aplicación tome estos datos como un tráfico de tipo comercial.

Una vez creada esta cuenta, se creó un canal en el cual se ingresaron todas las variables a evaluar, cada canal cuenta con 8 campos para o archivos los cuales cada uno de estos contiene una variable, es decir, dentro del WATER COLLECTOR 1.0 se evaluaron variables de humedad, caudal y cantidad de agua almacenada tanto para el atrapa nieblas como para el recolector de agua lluvia, por ende, se necesitaron 4 canales.

En la Figura 52 se muestra la creación de los canales en la plataforma, al crear el canal se otorgó un Channel ID al igual que una API KEY (Figura 53). La clave y la contraseña del canal que se creó, fueron de gran importancia a la hora de generar el código para la transmisión de datos de forma inalámbrica desde el IDE de Arduino UNO.

**Figura 52.** Creación de canales en Thingspeak

ThingSpeak™ Channels Apps Community Support

### Channel Settings

Percentage complete 50%

Channel ID 608866

Name WATER COLLECTOR 1.0

Description ESTE CANAL ES PARA ALMACENAR TODAS LAS VARIABLES DEL WATER COLLECTOR 1.0

|         |                  |                                     |
|---------|------------------|-------------------------------------|
| Field 1 | % HUMEDAD        | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Field 2 | CAUDAL 1 (L/min) | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Field 3 | CAUDAL 2 (L/min) | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Field 4 | VOLUMEN (L)      | <input checked="" type="checkbox"/> |

Fuente: Autores.

**Figura 53.** API KEY

Private View Public View Channel Settings Sharing API Keys Data

### Write API Key

Key H8YYP53EP81DIKRQ

Generate New Write API Key

Fuente: Autores

Como se mencionó anteriormente la transmisión de datos será de forma inalámbrica a través de Arduino, para esto se acoplo con el módulo ESP8266 (módulo WIFI),

este módulo se programa a través de comando serial AT para poder conectarse a una red WIFI cercana, este módulo se puede programar como cliente, servidor o cliente + servidor. En la Figura 54 se muestra la lista de comandos usados para programar el módulo ESP8266 con el IDE de Arduino UNO.

**Figura 54.** Comando AT para módulo ESP8266

#### **Capa Wifi**

`AT+CWMODE_DEF=X`. Configura modo de operación.

`AT+CWMODE?`. Indica el modo de operación actual.

`AT+CWJAP_DEF="ssid","pass"`. Conecta a una red WiFi.

`AT+CIPSTA?`. Lee la dirección IP, cliente y/o servidor.

`AT+CIPSTA=ip`. Asigna una IP al modulo cuando se configura como cliente.

`AT+CWLAP` . Proporciona una lista con las redes disponibles al módulo WiFi.

`AT+CWQAP` . Desconecta el módulo de la red.

`AT+RST` . Resetea el modulo, y si ya tenia una red guardada se vuelve a conectar.

Fuente: HETPRO, lista de comandos AT ESP8266MODULO WIFI, obtenido de:  
<https://hetpro-store.com/comandos-at-esp8266-esp8266ex/>

El módulo ESP8266 se puede configurar de dos formas distintas, con el monitor serial o directamente por código, para el WATER COLLECTOR 1.0 se diseñó el código para que automáticamente el módulo se conecte a una red WIFI cercana y registre los datos y los almacene directamente en la plataforma de Thingspeak con los comandos mostrados en la Figura 54, se diseñó el código para que se pueda conectar a la red, de esta forma fue necesario conectarse a diario a una red WIFI para poder subir la data a la plataforma de IoT.

Como el módulo ESP8266 necesita usar dos puertos RX/TX, pero el microcontrolador del Arduino no permite usar los RX/TX que trae integrados, se usó la librería <SoftwareSerial.h> la cual permitió usar dos puertos de tipo digital y asignarlos a RX y TX respectivamente, además de esto para inicializar el módulo usa una velocidad de conmutación de 115200 baudios.

En la Figura 55 se muestra el diseño del código para conectarse a una red WIFI y enviar los datos al canal de Thingspeak llamada WATER COLLECTOR 1.0. Este

método de envío de datos se realizó a través del puerto 80, tomando el host de la plataforma (api.thingspeak.com) y el API KEY otorgado por la plataforma a la hora de haber creado el canal. Con estas variables y con la conexión a la red inalámbrica establecida se pudieron enviar los datos a la plataforma creada previamente.

**Figura 55.** Código para envío y conexión de datos a Thingspeak



```

String AP = "iPhone de David felipe"; // CHANGE ME
String PASS = "felipe96"; // CHANGE ME
String API = "B46GMIHHECGETJK7"; // CHANGE ME
String HOST = "api.thingspeak.com";
String PORT = "80";
String field = "field2";

SoftwareSerial esp8266(RX, TX);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  esp8266.begin(115200);
  sendCommand("AT", 5, "OK");
  sendCommand("AT+CWMODE=3", 5, "OK");
  sendCommand("AT+CWMJAP=\"" + AP + "\",\"" + PASS + "\"", 20, "OK");
}

void loop() {

  String getData = "GET /update?api_key=\"" + API + "\"& field=\"" + String(volumen, 3);
  sendCommand("AT+CIPMUX=1", 5, "OK");
  sendCommand("AT+CIPSTART=0, \"TCP\", \"" + HOST + "\", " + PORT, 15, "OK");
  sendCommand("AT+CIPSEND=0, " + String(getData.length()+4), 4, ">");
  esp8266.println(getData); delay(1500); countTrueCommand++;
  sendCommand("AT+CIPCLOSE=0", 5, "OK");
}

```

Fuente: Autores

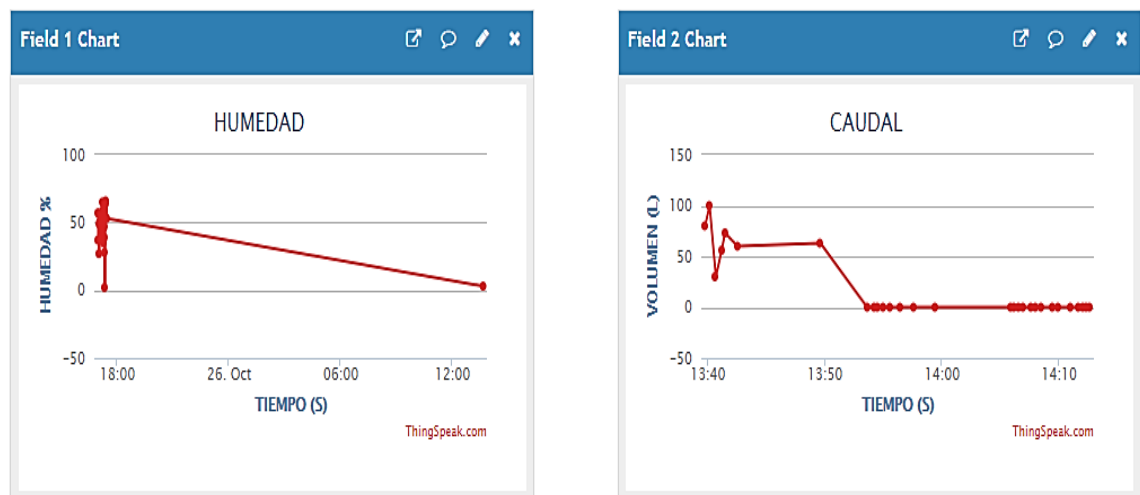
Con el comando String el cual se usa para guardar cadenas de caracteres de 8 bits y representarlos en código ASCII, fue el comando adecuado para convertir los datos



obtenidos dentro del código para el WATER COLLECTOR 1.0 y enviarlos en forma de texto a través del puerto serial del Arduino UNO.

Con el código y la conexión a la red ya establecida, se subieron los datos al canal WATER COLLECTOR 1.0 de la plataforma Thingspeak, los datos fueron actualizados cada minuto, aunque también es posible configurar la actualización de la página cada 60 segundos o el tiempo que se requiera y tener una data más actualizada. Para el proyecto WATER COLLECTOR 1.0 como las variables a medir no son muchas, se configuro un “delay” para que la información de los sensores fuera subida cada minuto a la página. En la Figura 56 se muestra información de humedad (%) y cantidad de agua(L) recolectada por el WATER COLLECTOR 1.0 actualizándose cada minuto.

**Figura 56.** Transmisión de datos al canal WATER COLLECTOR 1.0 Thingspeak

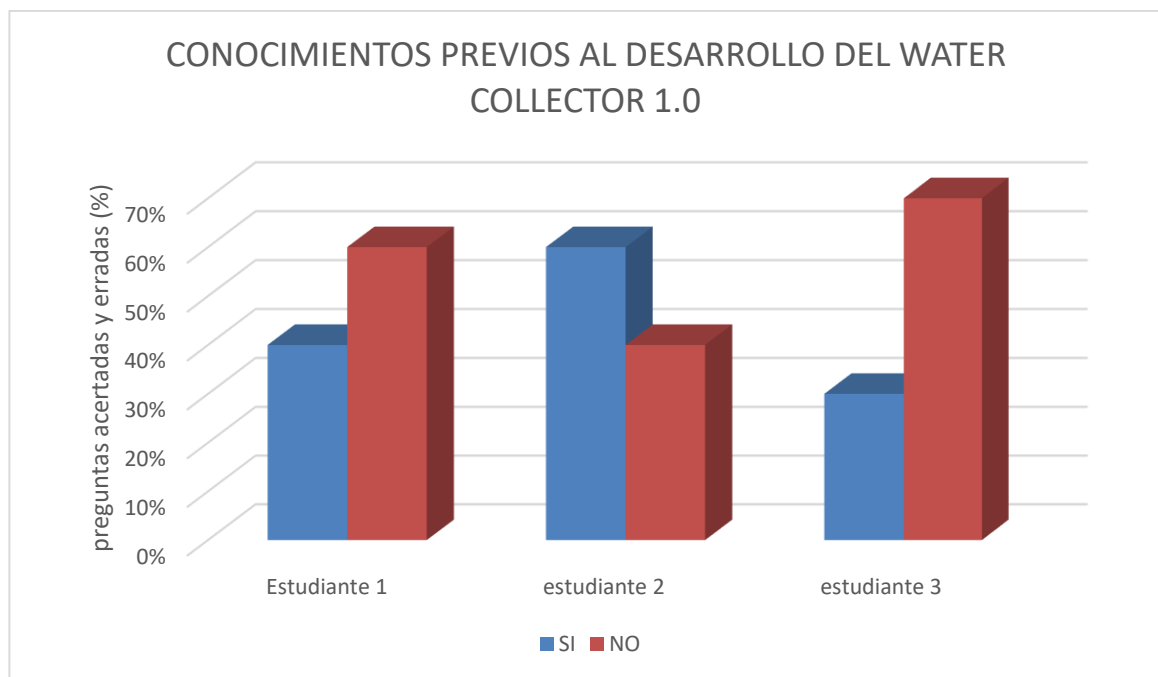


### 13. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con la integración final de las unidades anteriores, fue posible presentar los resultados que permitieron indagar y analizar el comportamiento de los recolectores de agua lluvia y de niebla, las variables aplicadas al cultivo urbano realizado, el dispositivo en sí mismo, transmisión de datos a la plataforma Thingspeak y la proyección social.

Se realizó un análisis del aumento de sus conocimientos, realizando una prueba al inicio y al final del proyecto (Anexo A, Anexo B, Anexo C, Anexo D, Anexo E y Anexo F), de esta manera, se pudo identificar el porcentaje de conocimiento que pudieron adquirir los estudiantes durante el desarrollo de este. Promedio de pruebas de respuesta SI/NO se pudo identificar los conocimientos adquiridos, además de que en la institución en la semana de ciencia los estudiantes expusieron gran parte del desarrollo del WATER COLLECTOR 1.0, esta preparación fue por cuenta propia de los estudiantes en los cuales se corroboró la adquisición de conocimientos tanto de construcción de las estructuras, como de conocimientos en electrónica (Anexo O). (Figura 55 y Figura 56).

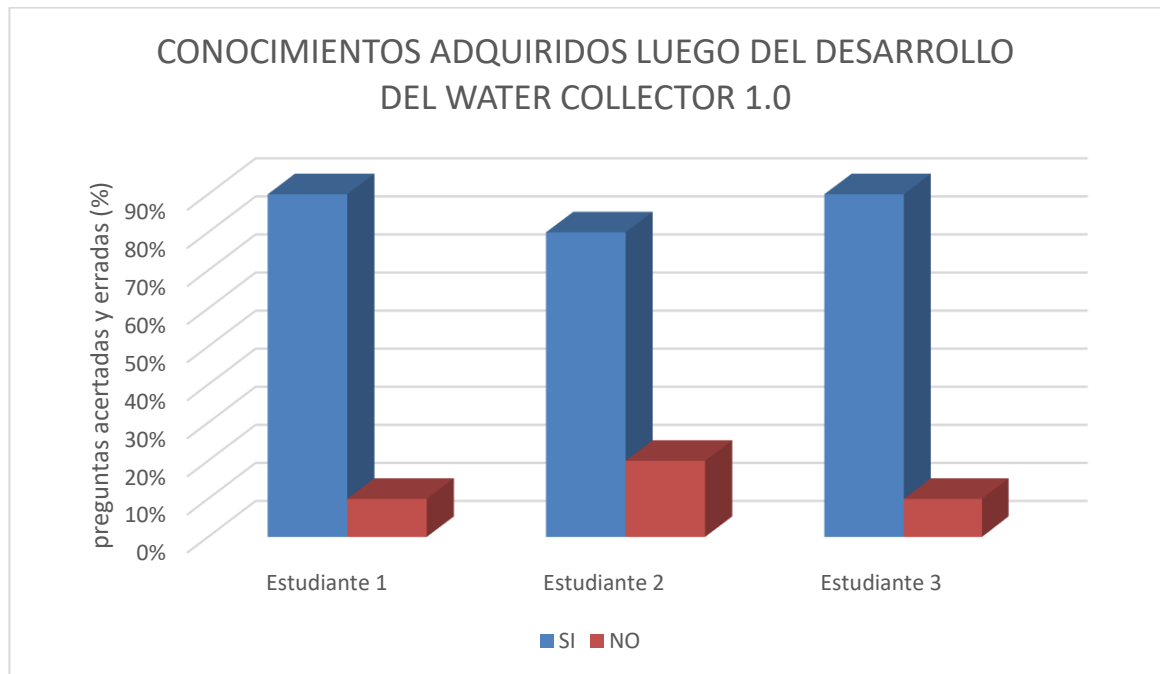
**Figura 57.** Porcentaje de conocimientos previos al desarrollo del WATER COLLECTOR 1.0



Fuente: Autores.

Al inicio del trabajo de grado, luego de la prueba de conocimientos se evidencio que los conocimientos de los estudiantes eran de menos del 40% salvo de un estudiante que por temas familiares tenía algún conocimiento de sensores y programación. Independientemente de esto se mostró una ausencia de conocimientos en electrónica dentro de la estructura de educación que reciben los estudiantes.

**Figura 58.** Porcentaje de conocimientos adquiridos por los estudiantes luego del desarrollo del WATER COLLECTOR 1.0



Fuente: Autores.

Realizando un comparativo en los porcentajes de preguntas respondidas afirmativamente versus el porcentaje de preguntas respondidas negativamente, se evidencio que hubo un aumento de conocimientos de más del 50%. Esto refleja que las capacitaciones realizadas y la metodología de enseñanza teórico-práctica y de divulgación diaria de información en temas relacionados con la electrónica y las telecomunicaciones hacia los estudiantes dio frutos en más del 90%.

## 14. CONCLUSIONES

Las condiciones climáticas de Yomasa dieron pie a que se pudiera establecer un modelo de captación de agua bidimensional, ya que según los estudios realizados la captación mínima de líquido es de 3 litros por metro cuadrado al día y a su vez su costo de instalación y mantenimiento es más reducido. Con el trabajo de grado llamado WATER COLLECTOR 1.0 se mostró una eficiencia de colección de entre 1.5 y 2 litros de agua por día y en temporada de lluvia esta eficiencia de colección generaba un aumento a 3 litros aproximadamente, adicionalmente se pudo validar que en horas de la noche y la madrugada la recolección de niebla era mayor, ya que en dicho momento las temperaturas en la zona disminuyen alrededor de 6° a 4° centígrados generando una mayor cantidad de recolección de niebla.

El WATER COLLECTOR 1.0 tuvo un enfoque de tipo social, a raíz de esto toda la instrumentación requerida para el desarrollo del trabajo de grado debió ser de fácil entendimiento y manejo por parte de los estudiantes, ya que ellos tuvieron una participación importante durante todas las fases de desarrollo. Para esto se utilizó la placa de procesamiento Arduino UNO y a su vez todos los componentes electrónicos y su método de comunicación inalámbrica requirió su compatibilidad con esta placa de procesamiento, generando un método de enseñanza mucho más didáctico frente a los estudiantes.

La integración de componentes electrónicos ya sea en recolectores de agua vertical u horizontal comprobó un mejor y más eficiente control frente a variables como cantidad de agua almacenada por cada recolector que se tenga en funcionamiento. A su vez, el WATER COLLECTOR 1.0 en su modelo de comunicación inalámbrica (IEEE 802.11) mostro en la herramienta de Thingspeak, cuanta cantidad de agua capta cada uno de los recolectores y propicio un uso adecuado del líquido en el control de riego de una huerta de cebolla roja a partir del porcentaje de humedad de la tierra medido por un sensor de humedad de suelo (YL-69), esto genero una reducción de costos en el uso del agua por parte de la institución en el riego de sus huertos y un aprovechamiento al máximo de este líquido.

Los conocimientos en electrónica y telecomunicaciones de los estudiantes asignados al WATER COLLECTOR 1.0 aumentaron considerablemente debido a la enseñanza propuesta durante el desarrollo del trabajo de grado. Las pruebas de conocimiento, los talleres y ejercicios prácticos en las distintas plataformas utilizadas, dieron pie a que cada estudiante pudiera entender y dar su punto de vista frente a los temas desarrollados dentro del proyecto, los cuales generaron espacios de integración entre ellos mismos y los estudiantes de la Universidad Católica de Colombia.

## 15. TRABAJOS FUTUROS

El WATER COLLECTOR 1.0 demostró el aprovechamiento de los recursos naturales renovables en este caso el agua en sus diferentes estados, con un enfoque sostenible y una forma para alimentar un sistema de riego de plantas para el aprovechamiento del agua recolectada. Una de estas puede ser la energía solar, que mediante uno o varios paneles solares podrían generar la energía necesaria para alimentar la parte electrónica y la bomba de riego de las plantas para generar una mayor oportunidad de aprovechamiento de energías alternativas. Esta posible alternativa de trabajo integración con el WATER COLLECTOR 1.0 también se podría manejar integrando otros sensores para controlar si la planta se encuentra o no germinada y actuadores que permitan tener control completamente del cultivo como la fumigación del cultivo, suponen un sistema mejorado y adecuado para el monitoreo y cuidado de los cultivos urbanos a través de plataformas IoT.

Otro punto muy importante para desatacar sería la implementación en zonas rurales, zonas que se encuentren en áreas de niebla densa y porcentajes de precipitaciones altos, probablemente fincas que tengan cultivos en áreas extensas las cuales puedan tener un riego automatizado aprovechando la captación de agua lluvia y captación de niebla. En la cual la economía y la reducción de costos para los campesinos sea una gran ayuda a la hora de cultivar distintos productos.

El WATER COLLECTOR 1.0, podría dar la opción de aplicarse en distintas zonas de la ciudad o zonas rurales en donde la cantidad de precipitaciones y de niebla sea mayor, interconectar ambos puntos y generar comparaciones diarias sobre la cantidad de líquido recolectado y de igual forma usar el líquido captado para distintos usos, como riego de huertas, cultivos o simplemente de forma higiénica en el aseo de instalaciones, etc.

Se considera importante nombrar dentro del marco social del programa de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Colombia, la posible integración de los proyectos sociales que vienen y vendrán en desarrollo, ya que este proyecto permite la unión de más dispositivos o proyectos que vinculen la transmisión de datos a plataformas IoT.

## REFERENCIAS

- Agencia de noticias UN. (2014). Diseñan colector de neblina que aprovecha la dirección del viento. Bogotá D.C.
- Augusto, C. (04 de febrero de 2014). Condensadores de humedad.
- Bolivariano. (2017). Bolivariano, Vamos Por Colombia. Obtenido de <https://goo.gl/gxiH1t>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (1999). Perfil local de Usme. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11520/3248>
- Carlos, S. M. (junio de 2010). fundamentos y tecnologías para la captación de y uso del agua procedente de la lluvia horizontal en los montes canarios.
- CERECEDA pilar, H. p. (2011 - 2014). Agua de niebla. *nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas*.
- CERECEDA pilar, S. R. (1987-1995). *Variación temporal de la niebla en el Tofo-Chungungo, región de Coquimbo, Chile*.
- CERECEDA Pilar, S. R. (1992). *Posibilidades de abastecimiento de agua niebla en la región de Antofagasta, Chile*. Obtenido de <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/10352/000124278.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CLGR-CC USME. Caracterización General de Riesgo. 10 noviembre 2017. Obtenido de <http://n9.cl/7Uu>
- Como cultivar, El huerto urbano, obtenido de <http://www.huertodeurbano.com/como-cultivar/>
- Concepto de lluvia, deconceptos.com, obtenido de <https://deconceptos.com/ciencias-naturales/lluvia>
- Definición de recolección, Definicion.de, obtenido de <https://definicion.de/recoleccion/>
- El Tiempo. (21 diciembre 2007). El Tiempo, 51 mil bogotanos residen en los sectores rurales de Bogotá. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-3869518>
- equipo, P. d. (2012). Jardín de niebla. *alto pachate*.
- Felipe García, El espectador. (4 abril 2016). El espectador, campesinos de Bogotá cazan neblina para obtener agua. Obtenido de

<https://www.elespectador.com/noticias/bogota/campesinos-de-bogota-cazan-neblina-obtener-agua-articulo-625370>

GAMBERINI Virginia, L. D. (s.f.). Captación de aguas lluvias mediante uso de tecnología de “atrapanieblas”.

GARRETON Pablo, B. P. (s.f.). Atrapanieblas aerodinámico, una solución local para un problema global. *Revista 180*, 28-29. Obtenido de <http://www.revista180.udp.cl/index.php/revista180/article/view/211/207>

Guido, S. (s.f.). captación de agua de las nieblas costeras(Camanchaca), Chile. *Manual de capacitación y aprovechamiento de agua lluvia*. Chile.

HUERTAS Jennifer, M. P. (2016). Estudio de prefactibilidad para la posible implementación de atrapanieblas en el municipio de Ráquira. bogota.

LOPEZ Juan, C. W. (1989). Construcción de atrapanieblas. *IPA LA platina No.56*.

Manuel, S. (2015). Niebla como fuente alternativa para suministros de agua. bogota, colombia.

MENDOZA Blanca Cecilia, C. F. (2014). Obtenido de <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1748/1/Atrapanieblas%20B.%20Mendoza%20F.%20Casta%C3%B1eda.pdf>

MONROY arcadio, V. B. (2014). Jardín xerofito para divulgación científica. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 155-159.

Osses Pablo, C. P. (1999). Campos de tillandsias y niebla el desierto de Tarapaca. *Revista de geografía de norte grande*, 3-13. Obtenido de <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/10413/000294483.pdf?sequence=1>

Osses Pablo, C. P. (1999). Los atrapanieblas del santuario del padre Hurtado y sus proyecciones en el combate a la desertificación. *Revista norte*, 61-67. Obtenido de <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/10440/000313871.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pilar, C. (diciembre de 2000). Obtenido de [http://www7.uc.cl/geografia/cda/pdf/est\\_patache/losatrapanieblas\\_desarrollo\\_rural.pdf](http://www7.uc.cl/geografia/cda/pdf/est_patache/losatrapanieblas_desarrollo_rural.pdf)

pilar, C. (s.f.). Los atrapanieblas, tecnología alternativa para el desarrollo rural. *Revista medio ambiente y desarrollo*, 51-56.

Polisombras al 35%, 50%, 65% y 80%, Agro Universo - soluciones para el campo, obtenido de <https://www.agrouniverso.com/www/index.php/productos/polisombra-men%C3%BA/polisombras.html>

Preciado Beltrán Jair. Bogotá Región: crecimiento urbano en la consolidación del territorio metropolitano. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <http://n9.cl/YcU6>

RITTER A., R. C. (2005). contribución hídrica de la captación de niebla al balance de un bosque de laurisilva en el parque nacional de Garajonay. En *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VII*.

Rouse, (2007), Internet de las cosas, casapublicadora, obtenido de <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Internet-de-las-cosas-IoT>

Suelo, SIAC sistema de informacion ambiental de Colombia, obtenido de <http://www.siac.gov.co/suelo>

UBAQUE Juan, U. C. (2013). Factibilidad técnica y de salud pública de la recolección de aguas nieblas: estudio caso. *Revista salud publica*.

Universidad Católica De Colombia. (2011). Responsabilidad Social. Obtenido de <https://goo.gl/gc2a6m>


Víctor, B. (2000). La importancia de la niebla como fuente natural y artificial de agua en la región de las grandes montañas del estado de México.

ZABALKETA, N. (octubre de 2013). Captación de agua de niebla para reforestación en Perú y Bolivia.



## ANEXOS

### Anexo A. Evaluación conocimientos previos estudiante 1

|   |   |   |
|---|---|---|
|  | <b>WATER COLLECTOR</b><br>1.0: recolector de agua<br>Integrando la<br>electrónica y las<br>telecomunicaciones | <b>FACULTAD DE<br/>INGENIERIA, PROGRAMA<br/>DE INGENIERIA<br/>ELECTRONICA Y DE<br/>TELECOMUNICACIONES</b> |
|---|---|---|

Nombre: Una Maria Mónica Alvarado

Fecha: 15 Abril


#### ENCUESTA DE CONOCIMIENTOS A LOS ALUMNOS ASIGNADOS AL PROYECTO WATER COLLECTOR 1.0

| PREGUNTAS                                    | SI | NO |
|--|----|----|
| ¿Sabe usted que es un Atrapa Niebla?         | X  |    |
| ¿Sabe usted que es un Cultivo Urbano?        |    | X  |
| ¿Alguna vez ha realizado un cultivo urbano?  |    | X  |
| ¿Sabe usted que es un Microprocesador?       | X  |    |
| ¿Sabe usted que es una Raspberry Pi?         |    | X  |
| ¿Ha programado un dispositivo alguna vez?    |    | X  |
| ¿Conoce usted un sensor?                     | X  |    |
| ¿Conoce usted un sensor de Humedad?          |    | X  |
| ¿Sabe Usted que es una conexión Inalámbrica? |    | X  |
| ¿Sabe usted que es la IoT?                   |    | X  |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| <b>David Felipe Mercado</b><br><b>Diego Felipe Prada</b> | <b>Código. 702023</b><br><b>Código. 701981</b> | <b>Versión 1.0</b> |
|--|--|--------------------|

Fuente: Autores

## Anexo B. Evaluación conocimientos previos estudiante 2

|   |   |   |
|---|---|---|
|  | <b>WATER CLECTOR 1.0: recolector de agua integrando la electrónica y las telecomunicaciones</b> | <b>FACULTAD DE INGENIERIA, PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA Y DE TELECOMUNICACIONES</b> |
|---|---|---|

Nombre: *Karla Valentina López Garzón*

Fecha: *15/04/18*


### ENCUESTA DE CONOCIMIENTOS A LOS ALUMNOS ASIGNADOS AL PROYECTO WATER COLLECTOR 1.0

| PREGUNTAS                                    | SI | NO |
|--|----|----|
| ¿Sabe usted que es un Atrapa Niebla?         | X  |    |
| ¿Sabe usted que es un Cultivo Urbano?        |    | X  |
| ¿Alguna vez ha realizado un cultivo urbano?  |    | X  |
| ¿Sabe usted que es un Microprocesador?       | X  |    |
| ¿Sabe usted que es una Raspberry Pi?         |    | X  |
| ¿Ha programado un dispositivo alguna vez?    | X  |    |
| ¿Conoce usted un sensor?                     | X  |    |
| ¿Conoce usted un sensor de Humedad?          | X  |    |
| ¿Sabe Usted que es una conexión inalámbrica? | X  |    |
| ¿Sabe usted que es la IoT?                   |    | X  |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| <b>David Felipe Mercado</b><br><b>Diego Felipe Prada</b> | <b>Código. 702023</b><br><b>Código. 701981</b> | <b>Versión 1.0</b> |
|--|--|--------------------|

Fuente: Autores

## Anexo C. Evaluación conocimientos previos estudiante 3

|   |   |   |
|---|---|---|
| <br><b>U CATÓLICA</b><br>de Colombia | <b>WATER CLECTOR</b><br>1.0: recolector de agua<br>Integrando la<br>electrónica y las<br>telecomunicaciones | <b>FACULTAD DE</b><br><b>INGENIERIA, PROGRAMA</b><br><b>DE INGENIERIA</b><br><b>ELECTRONICA Y DE</b><br><b>TELECOMUNICACIONES</b> |
|---|---|---|

Nombre: Laura Valentina Gano

Fecha: 13-04-18


### ENCUESTA DE CONOCIMIENTOS A LOS ALUMNOS ASIGNADOS AL PROYECTO WATER COLLECTOR 1.0

| PREGUNTAS                                    | SI | NO |
|--|----|----|
| ¿Sabe usted que es un Atrapa Niebla?         | X  |    |
| ¿Sabe usted que es un Cultivo Urbano?        | X  |    |
| ¿Alguna vez ha realizado un cultivo urbano?  |    | X  |
| ¿Sabe usted que es un Microprocesador?       |    | X  |
| ¿Sabe usted que es una Raspberry Pi?         |    | X  |
| ¿Ha programado un dispositivo alguna vez?    |    | X  |
| ¿Conoce usted un sensor?                     | X  |    |
| ¿Conoce usted un sensor de Humedad?          |    | X  |
| ¿Sabe Usted que es una conexion Inalámbrica? | X  |    |
| ¿Sabe usted que es la IoT?                   |    | X  |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| <b>David Felipe Mercado</b><br><b>Diego Felipe Prada</b> | <b>Código. 702023</b><br><b>Código. 701981</b> | <b>Versión 1.0</b> |
|--|--|--------------------|

Fuente: Autores

## Anexo D. Evaluación Conocimientos post estudiante 1

|   |   |  |
|---|---|--|
|  | <b>WATER CLECTOR</b><br>1.0: recolector de agua<br>integrando la<br>electrónica y las<br>telecomunicaciones | <b>FACULTAD DE</b><br><b>IGENIERIA, PROGRAMA</b><br><b>DE INGENIERIA</b><br><b>ELECTRONICA Y DE</b><br><b>TELECOMUNICACIONES</b> |
|---|---|--|

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: 15-10-18


### ENCUESTA DE CONOCIMIENTOS A LOS ALUMNOS ASIGNADOS AL PROYECTO WATER COLLECTOR 1.0

| PREGUNTAS                                    | SI | NO |
|--|----|----|
| ¿Sabe usted que es un Atrapa Niebla?         | X  |    |
| ¿Sabe usted que es un Cultivo Urbano?        | X  |    |
| ¿Alguna vez ha realizado un cultivo urbano?  | X  |    |
| ¿Sabe usted que es un Microprocesador?       | X  |    |
| ¿Sabe usted que es una Raspberry Pi?         |    | X  |
| ¿Ha programado un dispositivo alguna vez?    | X  |    |
| ¿Conoce usted un sensor?                     | X  |    |
| ¿Conoce usted un sensor de Humedad?          | X  |    |
| ¿Sabe Usted que es una conexion Inalámbrica? | X  |    |
| ¿Sabe usted que es la IoT?                   | X  |    |

|  |                                  |             |
|--|----------------------------------|-------------|
| David Felipe Mercado<br>Diego Felipe Prada | Código. 702023<br>Código. 701981 | Versión 1.0 |
|--|----------------------------------|-------------|

Fuente: Autores

## Anexo E. Evaluación Conocimientos post estudiante 2

|   |   |   |
|---|---|---|
|  | <b>WATER COLLECTOR</b><br>1.0: recolector de agua<br>integrando la<br>electrónica y las<br>telecomunicaciones | <b>FACULTAD DE</b><br><b>INGENIERIA, PROGRAMA</b><br><b>DE INGENIERIA</b><br><b>ELECTRONICA Y DE</b><br><b>TELECOMUNICACIONES</b> |
|---|---|---|

Nombre:

Fecha: 15-10-18


### ENCUESTA DE CONOCIMIENTOS A LOS ALUMNOS ASIGNADOS AL PROYECTO WATER COLLECTOR 1.0

| PREGUNTAS                                    | SI | NO |
|--|----|----|
| ¿Sabe usted que es un Atrapa Niebla?         | X  |    |
| ¿Sabe usted que es un Cultivo Urbano?        | X  |    |
| ¿Alguna vez ha realizado un cultivo urbano?  |    | X  |
| ¿Sabe usted que es un Microprocesador?       | X  |    |
| ¿Sabe usted que es una Raspberry Pi?         |    | X  |
| ¿Ha programado un dispositivo alguna vez?    | X  |    |
| ¿Conoce usted un sensor?                     | X  |    |
| ¿Conoce usted un sensor de Humedad?          | X  |    |
| ¿Sabe Usted que es una conexión Inalámbrica? | X  |    |
| ¿Sabe usted que es la IoT?                   | X  |    |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| <b>David Felipe Mercado</b><br><b>Diego Felipe Prada</b> | <b>Código. 702023</b><br><b>Código. 701981</b> | <b>Versión 1.0</b> |
|--|--|--------------------|

Fuente: Autores

## Anexo F. Evaluación Conocimientos post estudiante 3

|   |   |   |
|---|---|---|
|  | <b>WATER COLLECTOR</b><br>1.0: recolector de agua<br>integrando la<br>electrónica y las<br>telecomunicaciones | <b>FACULTAD DE</b><br><b>INGENIERIA, PROGRAMA</b><br><b>DE INGENIERIA</b><br><b>ELECTRONICA Y DE</b><br><b>TELECOMUNICACIONES</b> |
|---|---|---|

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: 13 - 10 - 18

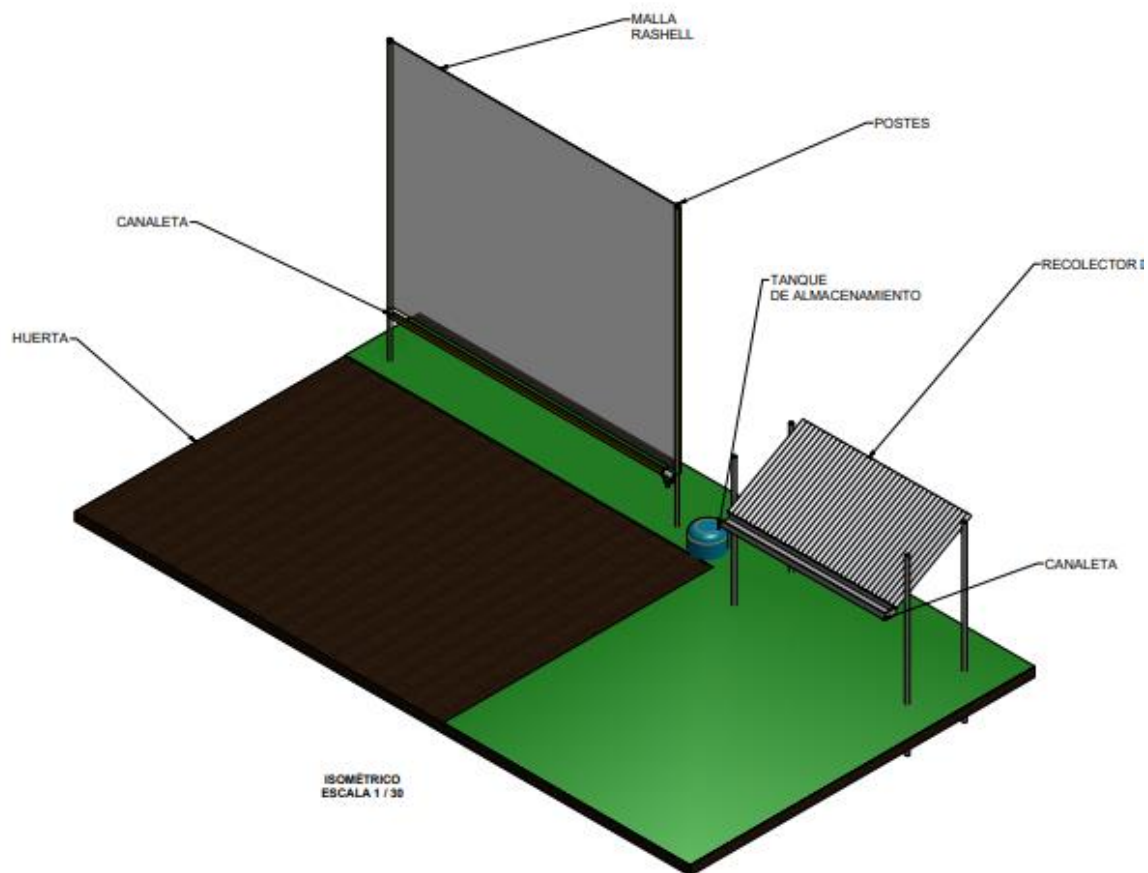
### ENCUESTA DE CONOCIMIENTOS A LOS ALUMNOS ASIGNADOS AL PROYECTO WATER COLLECTOR 1.0

| PREGUNTAS                                    | SI | NO |
|--|----|----|
| ¿Sabe usted que es un Atrapa Niebla?         | X  |    |
| ¿Sabe usted que es un Cultivo Urbano?        | X  |    |
| ¿Alguna vez ha realizado un cultivo urbano?  | X  |    |
| ¿Sabe usted que es un Microprocesador?       | X  |    |
| ¿Sabe usted que es una Raspberry Pi?         |    | X  |
| ¿Ha programado un dispositivo alguna vez?    | X  |    |
| ¿Conoce usted un sensor?                     | X  |    |
| ¿Conoce usted un sensor de Humedad?          | X  |    |
| ¿Sabe Usted que es una conexión inalámbrica? | X  |    |
| ¿Sabe usted que es la IoT?                   | X  |    |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| <b>David Felipe Mercado</b><br><b>Diego Felipe Prada</b> | <b>Código. 702023</b><br><b>Código. 701981</b> | <b>Versión 1.0</b> |
|--|--|--------------------|

Fuente: Autores

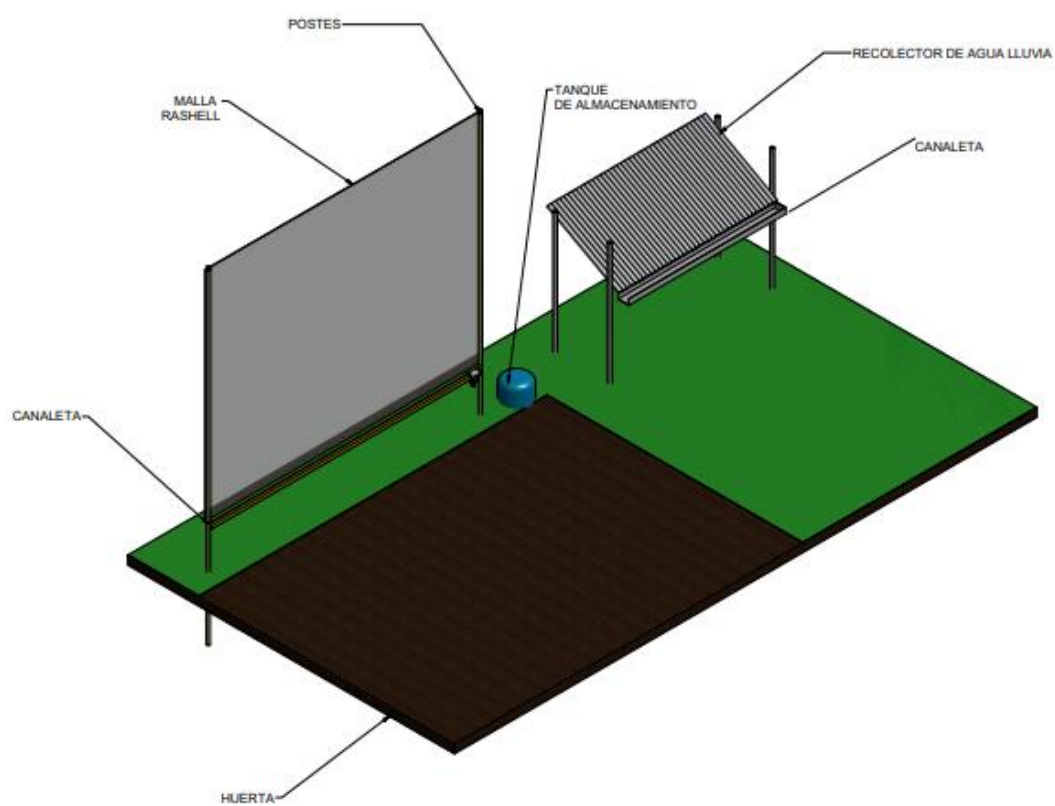
## Anexo G. Diseño 3D para los recolectores de agua



Fuente: Autores



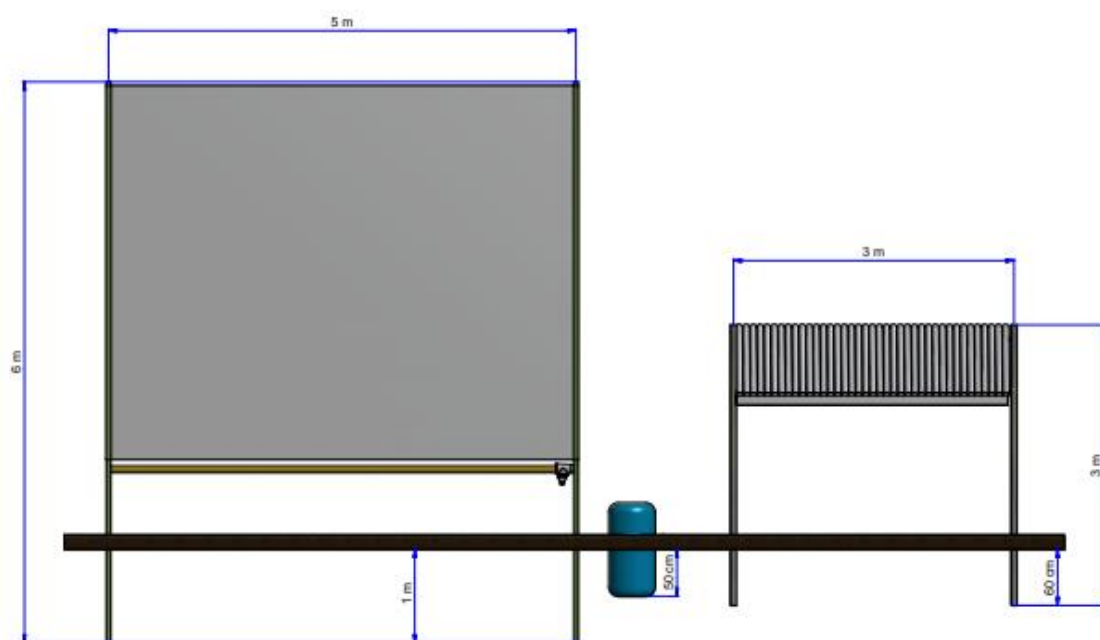
## Anexo H. Diseño 3D para los recolectores de agua



Fuente: Autores



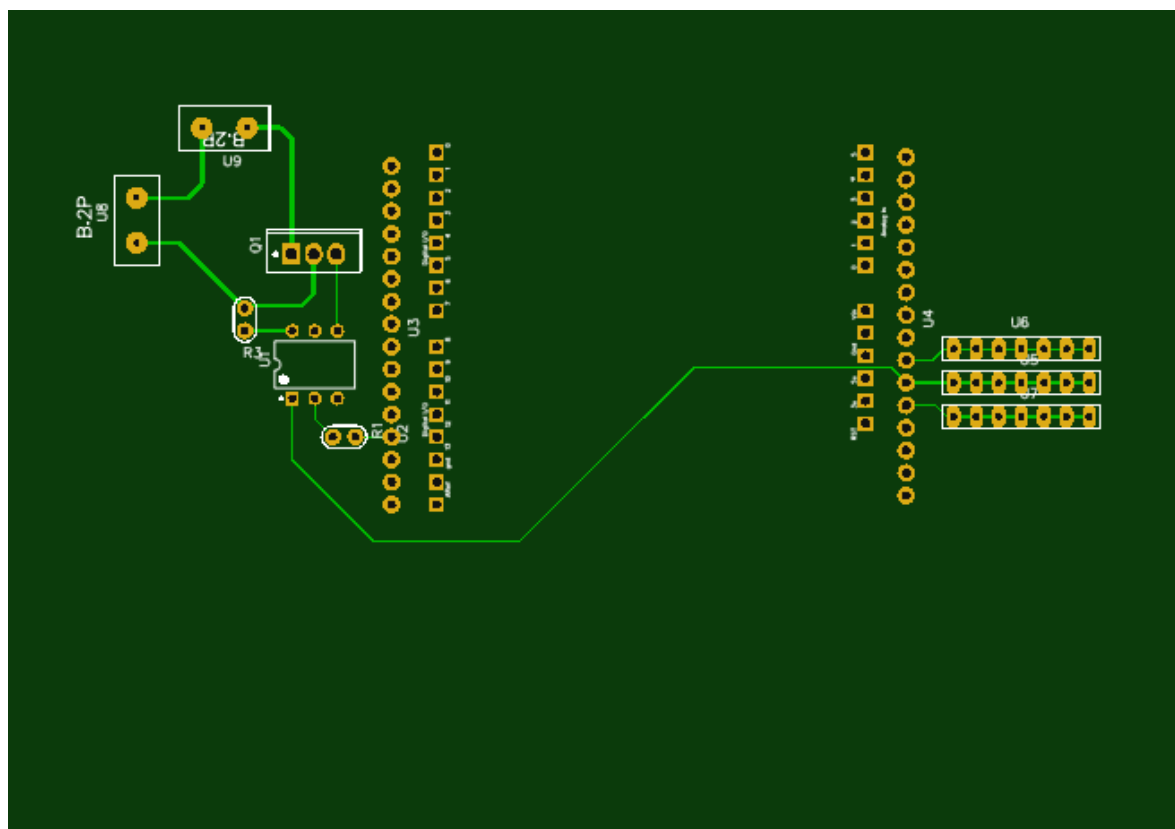
**Anexo I.** Vista frontal para los diseños de los recolectores de agua.



ESCALA 1 / 25

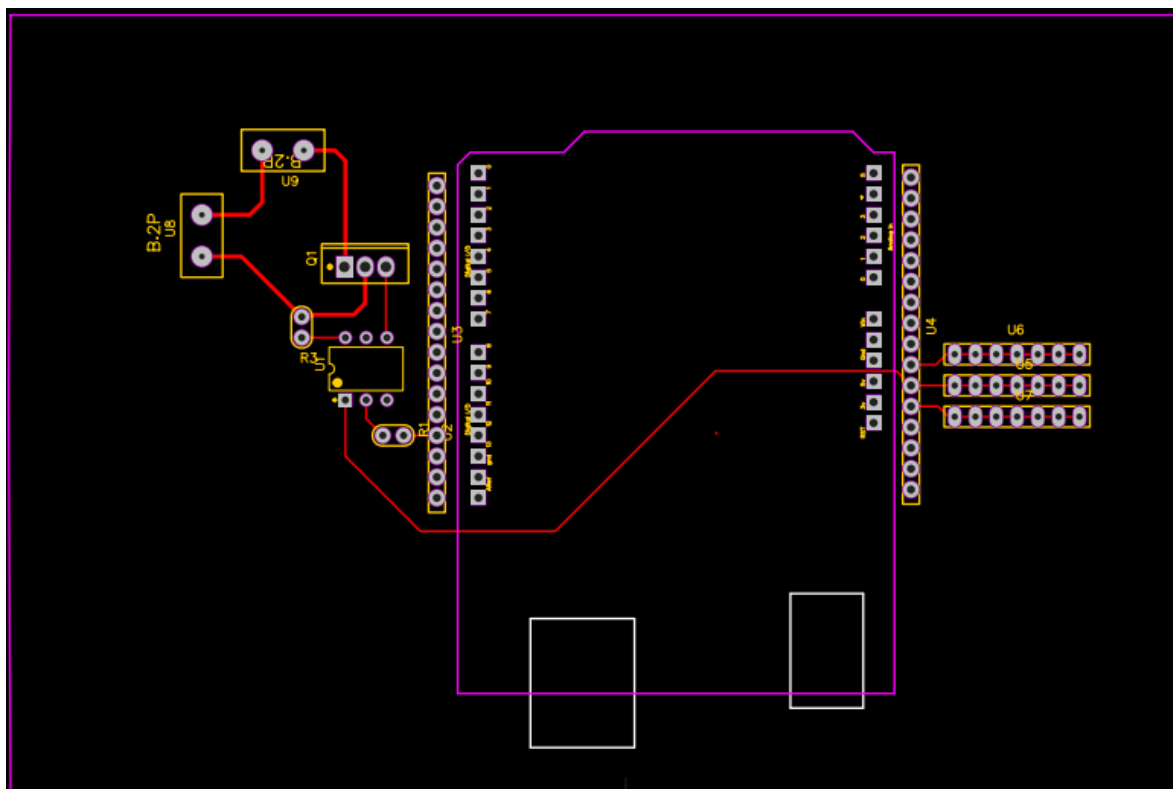
Fuente: Autores.

**Anexo J.** Vista TOP en 2D, PCB del WATER COLLECTOR 1.0



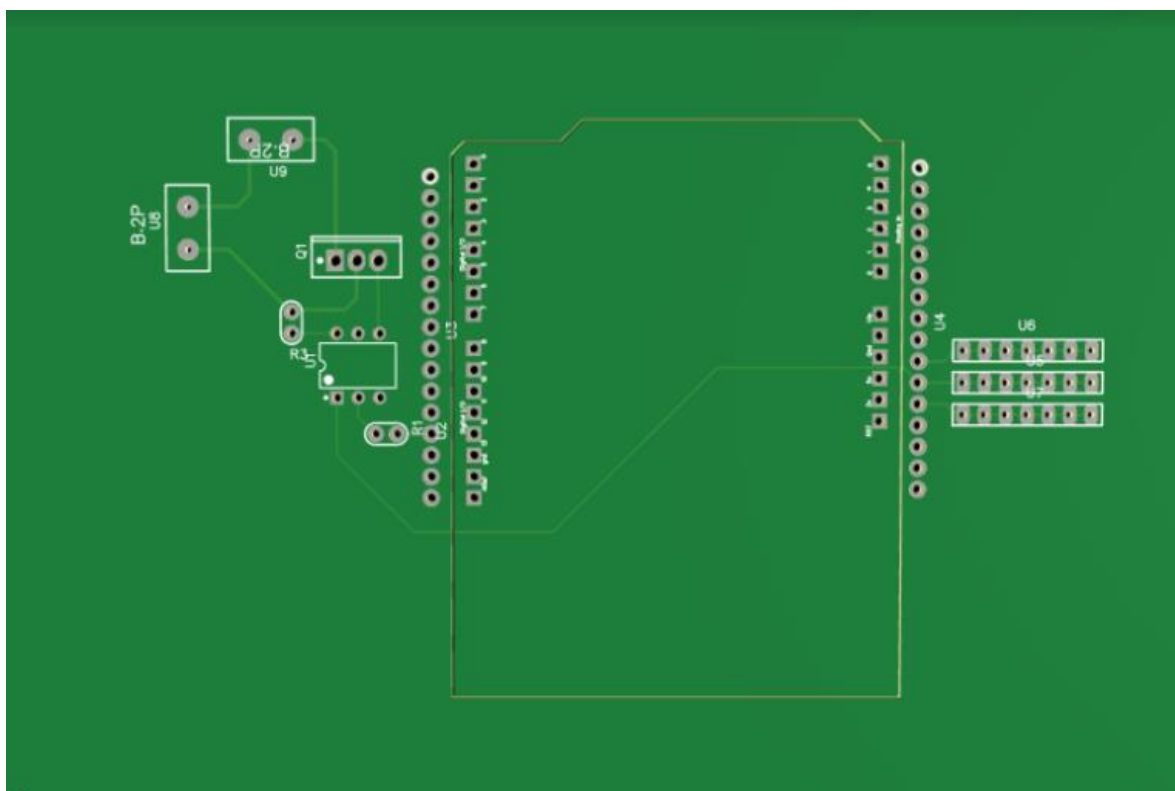
Fuente: Autores.

## Anexo K. Vista TOP en 2D PCB WATER COLLECTOR 1.0



Fuente: Autores.

## Anexo L. Vista en 3D PCB WATER COLLECTOR 1.0



Fuente: Autores.

## Anexo M. WATER COLLECTOR 1.0



Fuente: Autores

## Anexo N. Programación WATER COLLECTOR 1.0

```
CODIGO_FINAL

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

CODIGO_FINAL

//variables sensor de humedad del suelo
int humedad=0; //calcula el valor de la humedad
int Po=0; //valor linealizado
int Pi=0;
float lec_analoga=0; //lee el valor analogico del pin

//variables sensor de flujo de agua
volatile int NumPulsos; //variable para la cantidad de pulsos recibidos
int PinSensor = 2; //Sensor conectado en el pin 2
float factor_conversion=9.8 ; //para convertir de frecuencia a caudal
float volumen=0;
long dt=0; //variación de tiempo por cada bucle
long t0=0; //millis() del bucle anterior

/*Prueba sensor de nivel de liquido*/
int sensor=9; //Indicamos el pin al que tenemos conectado el sensor de nivel de liquido
int led=10; //Indicamos el pin al que tenemos conectado el led que indica alarma

//parametros para subir los datos a THINGSPEAK
#include <SoftwareSerial.h>
#define RX 12
#define TX 11
String AP = "iPhone de David felipe"; // CHANGE ME
String PASS = "felipe96"; // CHANGE ME
String API = "B46GMIHHECGETJK7"; // CHANGE ME
String HOST = "api.thingspeak.com";
String PORT = "80";
String field = "field1":

String field = "field1";
int countTrueCommand;
int countTimeCommand;
boolean found = false;
int valSensor = 0;
SoftwareSerial esp8266(RX,TX);

//---Función que se ejecuta en interrupción-----
void ContarPulsos ()
{
    NumPulsos++; //incrementamos la variable de pulsos
}
```

```

//---Función para obtener frecuencia de los pulsos-----
int ObtenerFrecuencia()
{
    int frecuencia;
    NumPulsos = 0;    //Ponemos a 0 el número de pulsos
    interrupts();    //Habilitamos las interrupciones
    delay(1000);    //muestra de 1 segundo
    noInterrupts(); //Deshabilitamos las interrupciones
    frecuencia=NumPulsos; //Hz(pulsos por segundo)
    return frecuencia;
}

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    //Configuramos los pines correspondientes como entradas o salidas del sensor de nivel
    pinMode(sensor, INPUT);    //sensor de nivel de liquido
    pinMode(led, OUTPUT); //salida led

    //configuramos el pin del sensor de flujo como entrada
    pinMode(PinSensor, INPUT);
    attachInterrupt(0, ContarPulsos, RISING); //(Interrupción 0(Pin2), función, Flanco de subida)
    Serial.println ("Envie 'r' para restablecer el volumen a 0 Litros");
    t0=millis();

    //THINGSPEAK
    esp8266.begin(115200);
    sendCommand("AT", 5, "OK");
    sendCommand("AT+CWMODE=3", 5, "OK");

    sendCommand("AT+CWJAP=\"" + AP + "\",\"" + PASS + "\",20,\"OK\");
}

void loop() {
    //ciclo del sensor de nivel
    if(digitalRead(sensor)==HIGH){
        digitalWrite(led, LOW);
        Serial.println ("tanque vacio");
    }
    else {
        digitalWrite(led, HIGH);
        Serial.println ("tanque lleno");
    }
    delay (1000);

    //ciclo del sensor de humedad
    lec_analoga= analogRead(A0); //lee el valor del sensor con el pin analogico
    humedad=lec_analoga;
    Po=(-0.0978*humedad)+100; //ecuacion del sensor linealizada del sensor de humedad
    Serial.print ("% de humedad del: ");
    Serial.print (Po); //imprime el valor de humedad linealizado
    Serial.println ("%");
    delay (1000); //tiempo de 1 segundo por cada registro
}

```

```

//ciclo del sensor de flujo de agua
if (Serial.available()) {
    if(Serial.read()=='r')volumen=0;//restablecemos el volumen si recibimos 'r'
}
float frecuencia=ObtenerFrecuencia(); //obtenemos la frecuencia de los pulsos en Hz
float caudal_L_m=frecuencia/factor_conversion; //calculamos el caudal en L/m
dt=millis()-t0; //calculamos la variación de tiempo
t0=millis();
volumen=volumen+(caudal_L_m/60)*(dt/1000); // volumen(L)=caudal(L/s)*tiempo(s)

//-----Enviamos por el puerto serie-----
Serial.print ("Caudal: ");
Serial.print (caudal_L_m,3);
Serial.print ("L/min\tVolumen: ");
Serial.print (volumen,3);
Serial.println (" L");

//THINGSPEAK
String getData = "GET /update?api_key="+ API +"&"+ field +"="+String(Po);
sendCommand("AT+CIPMUX=1",5,"OK");
sendCommand("AT+CIPSTART=0,\"TCP\", \"\"+ HOST +"\", "+ PORT,15,"OK");
sendCommand("AT+CIPSEND=0," +String(getData.length()+4),4,">");
esp8266.println(getData);delay(1500);countTrueCommand++;
sendCommand("AT+CIPCLOSE=0",5,"OK");
}
int getSensorData(){
    return random(1000); // Replace with
}

```

---

```

void sendCommand(String command, int maxTime, char readReplay[]) {
    Serial.print(countTrueCommand);
    Serial.print(". at command => ");
    Serial.print(command);
    Serial.print(" ");
    while(countTimeCommand < (maxTime*1))
    {
        esp8266.println(command);//at+cipsend
        if(esp8266.find(readReplay))//ok
        {
            found = true;
            break;
        }

        countTimeCommand++;
    }

    if(found == true)
    {
        Serial.println("Ok");
        countTrueCommand++;
        countTimeCommand = 0;
    }
}

```



```
    }  
  
    if(found == false)  
    {  
        Serial.println("Fail");  
        countTrueCommand = 0;  
        countTimeCommand = 0;  
    }  
  
    found = false;  
}
```

---

Fuente: Autores